Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

LE CHLORATE DE SODIUM

Canada

mars 1985

86-03109/

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

LE CHLORATE DE SODIUM

SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES

OTTAWA
MARS 1985
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication
distribuée par la Section des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Sodium Chlorate
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985
N° de cat. En 48-10/37-1985F
ISBN 0-662-93477-6
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

AVANT-PROPOS

La collection «Enviroguide» a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VII
	Liste des tableaux	VII
	Abréviations et symboles	VIII
	Définitions	X
	Sigles	XI
1	**Résumé**	1
2	**Propriétés physiques et chimiques**	3
3	**Production, transport et commerce**	5
3.1	Qualités et titres	5
3.2	Fabricants situés au Canada	5
3.3	Autres fournisseurs	5
3.4	Centres de production et transport	5
3.5	Volume de production	5
3.6	Fabrication industrielle	6
3.6.1	Information générale	6
3.6.2	Matières premières	6
3.6.3	Procédé de fabrication	6
3.7	Principales utilisations au Canada	7
3.8	Principaux acheteurs au Canada	7
4	**Manutention du produit et compatibilité**	10
4.1	Engins et récipients de transport	10
4.1.1	Transport en vrac	10
4.1.1.1	Wagons-citernes	10
4.1.1.2	Véhicules routiers	10
4.1.2	Transport en emballages	10
4.2	Déchargement	14
4.2.1	Équipement et opérations de déchargement des wagons et des véhicules routiers	14
4.2.2	Spécifications et matériaux de fabrication des organes de déchargement des solutions	15
4.3	Compatibilité entre le produit et certains matériaux	19
5	**Fuite et migration du produit**	20
5.1	Aperçu général	20
5.2	Fuite du produit	20
5.2.1	Introduction	20
5.2.2	Nomogrammes des fuites	21
5.2.2.1	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé	21
5.2.2.2	Débit de fuite en fonction du temps écoulé	21
5.2.3	Exemples de calcul	21
5.3	Diffusion dans l'atmosphère	21
5.4	Comportement dans l'eau	23
5.4.1	Introduction	23
5.4.2	Nomogrammes de la diffusion du polluant dans l'eau	23
5.4.2.1	Diffusion dans les cours d'eau non soumis aux marées	25
5.4.2.2	Diffusion dans les lacs au repos et autres plans d'eau	25
5.4.3	Exemple de calcul	34
5.4.3.1	Teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées	34
5.4.3.2	Teneur en polluant dans les lacs au repos et autres plans d'eau	34
5.5	Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol	34

5.5.1	Introduction	34
5.5.2	Migration du polluant dans un sol à capacité au champ	35
5.5.3	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant	35
5.5.4	Types de sol	35
5.5.5	Nomogrammes de la migration	37
5.5.6	Exemple de calcul	37
6	**Protection de l'environnement**	42
6.1	Limites maximales admissibles	42
6.1.1	Qualité de l'eau	42
6.1.2	Qualité de l'air	42
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	42
6.2.1	Évaluation de la toxicité aux U.S.A.	42
6.2.2	Mesures de la toxicité	42
6.3	Toxicité pour les mammifères	43
6.4	Toxicité pour les oiseaux	43
6.5	Autre toxicité dans l'air et sur terre	43
6.6	Études sur les effets toxiques	43
6.7	Dégradation du polluant	43
6.8	Devenir et effets à long terme	43
7	**Protection de la santé**	44
7.1	Normes d'exposition	44
7.2	Données sur les propriétés irritantes	44
7.2.1	Contact avec la peau	44
7.2.2	Contact avec les yeux	44
7.3	Données sur les propriétés organoleptiques	45
7.3.1	Odeur	45
7.3.2	Saveur	45
7.4	Études sur les effets toxiques	45
7.4.1	Inhalation	45
7.4.2	Ingestion	45
7.4.3	Mutagénicité, carcinogénicité et tératogénicité	45
7.5	Symptômes et conséquences de l'intoxication	45
7.5.1	Inhalation (de poussières)	46
7.5.2	Ingestion	46
7.5.3	Contact avec la peau	46
7.5.4	Contact avec les yeux	46
8	**Compatibilité chimique**	47
8.1	Compatibilité entre le chlorate de sodium et divers agents	48
9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	51
9.1	Mesures recommandées	51
9.1.1	Danger d'incendie	51
9.1.2	Moyens d'extinction	51
9.1.3	Mesures d'intervention en cas de déversement	51
9.1.3.1	Information générale	51
9.1.3.2	Déversement sur le sol	51
9.1.3.3	Déversement dans l'eau	52
9.1.4	Élimination du polluant	52
9.1.5	Appareils et vêtements de protection	52
9.1.6	Entreposage	52
10	**Cas d'explosions accidentelles**	53
10.1	Explosions dues au chlorate de sodium	53
11	**Identification et dosage du polluant**	54
11.1	Dosage du polluant présent dans l'air	54

11.1.1	Spectrophotométrie d'absorption atomique	54
11.2	Identification du polluant présent dans l'air	55
11.3	Dosage du polluant présent dans l'eau	55
11.3.1	Photométrie de flamme	55
11.4	Identification du polluant présent dans l'eau	55
11.5	Dosage du polluant présent dans le sol	55
11.5.1	Photométrie de flamme	55
11.6	Identification du polluant présent dans le sol	55
12	**Références et bibliographie**	56
12.1	Références	56
12.2	Bibliographie	60

LISTE DES FIGURES

1 Solubilité dans l'eau 9
2 Masse volumique des solutions 9
3 Wagon-citerne de spécification 111A60W1 11
4 Wagons-trémies couverts; classe LO de l'ARR 13
5 Fût type 16
6 Orifice au-dessous du niveau du liquide 21
7 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé 22
8 Débit de fuite en fonction du temps écoulé 22
9 Etapes à suivre pour calculer la teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées 24
10 Distance en fonction du temps 26
11 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal 27
12 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique 28
13 Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente 29
14 Delta en fonction de alpha 30
15 Teneur maximale en fonction de delta 31
16 Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique 32
17 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau 33
18 Migration dans le sous-sol 36
19 Plan d'utilisation des nomogrammes 38
20 Migration dans un sable grossier 39
21 Migration dans un sable limoneux 40
22 Migration dans un till argileux 41

LISTE DES TABLEAUX

1 Nomogrammes de conversion 8
2 Spécifications CCT/DOT s'appliquent aux wagons-citernes utilisés pour le chlorate de sodium 10
3 Caractéristiques du wagon-citerne de spécification 111A60AW1 utilisé pour le chlorate de sodium 12
4 Caractéristiques du wagon-trémie couvert de classe LO (AAR) utilisé pour le chlorate de sodium 14
5 Caractéristiques des fûts utilisés pour le transport du chlorate de sodium 15
6 Compatibilité du chlorate de sodium et de certains matériaux de fabrication 18

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
B	Périmètre mouillé
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.*	Dose létale minimale
DL 50*	Dose létale moyenne
DT min.	Dose toxique minimale
et coll.	Et collaborateurs
eV	Électronvolt
f.n.éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
h	Hauteur
IDLH*	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	Jour
J	Joule
K	Coefficient de perméabilité
K_0	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé
k	Coefficient de perméabilité intrinsèque
l	Litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
M	Molaire
MAK*	Teneur maximale admissible
MAK-D*	Teneur maximale admissible
MAK-K*	Teneur maximale admissible – courte durée
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK*	Teneur maximale d'immission
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse moléculaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
N	Normal
Pa . s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL*	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL*	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$temp._a$	Température ambiante
$temp._c$	Température critique
TE 50*	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50*	Teneur inhibitrice moyenne
TLm*	Tolérance moyenne
TL min.*	Teneur létale minimale
TL 50*	Teneur létale moyenne
TLV®*	*Threshold Limit Value*

TLV® - C*	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales
TT min.*	Teneur toxique minimale
u	Vitesse du vent
μ	Viscosité
vap	Vapeur
V	Vitesse d'écoulement
V biod.	Vitesse de biodégradation
V évap.	Vitesse d'évaporation
vol.	Volume
°Bé	Degré Baumé
°C	Degré Celsius
ϕ	Diamètre
x	Distance sous le vent
⚒	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction

* Les abréviations suivies d'un astérique sont expliquées dans la section Définitions.

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection «Enviroguide». Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bio-accumulation. – Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bio-concentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. – Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Bioconcentration. – Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Concentration. – Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. – Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. – La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. – Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur des tissus d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health).* – Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. – Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un «récepteur» qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. – En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. – Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. – Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (TLV – *Short Term Exposure Limit*). –Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. – Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. – Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV®-C sont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. – La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il y ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). – Rapport de la masse d'une substance dissoute à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV®-C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* – Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. – Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyers' Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
DOT	Department of Transportation (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)
STCC	Standard Transportation Commodity Code (Amérique du Nord)

1 RÉSUMÉ

Chlorate de sodium ($NaClO_3$)
Cristaux blancs à jaunes ou liquide jaune à orange; inodores.

Synonyme
(Syn. anglais: *sodium chlorate*)

Numéros d'identification
UN 1495 (solide), 2428 (en solution); CAS 7775-09-9; OHM-TADS 7216890; STCC 4918723

Qualités et titres
Technique, solide: 99 à 99,9 p. 100; en solution: 25 à 46 p. 100.

Dangers immédiats
Incendie. – Oxydant énergique.
Effets sur l'homme. – Toxique par ingestion; un contact prolongé peut causer de l'irritation.
Effets sur l'environnement. – Nocif, à des teneurs élevées, pour la vie aquatique.

Données relatives aux propriétés physiques

État (à 15 °C et 1 atm): solide	Masse volumique: 2,49 (à 15 °C)
Point d'ébullition: se décompose à 265 °C	Solubilité dans l'eau: 95,7 g dans 100 ml (à 20 °C)
Point de fusion: entre 248 et 261 °C	Comportement dans l'eau: coule au fond et se mélange; aucune réaction
Inflammabilité: incombustible, mais peut provoquer l'inflammation de matières combustibles	Seuil olfactif: inodore

Dangers pour l'environnement
À de fortes teneurs, de 1000 à 10 000 mg/l, le chlorate de sodium est toxique pour les formes de vie aquatique.

Dangers pour l'homme
Aucune TLV® ni IDLH n'ont été établies.
Effets en cas d'inhalation. – Irritation des muqueuses; gêne respiratoire.
Effets en cas de contact. – Irritation de la peau et des yeux, après contact prolongé.
Effets en cas d'ingestion. – Nausées, vomissements, diarrhée, douleurs abdominales, cyanose, lésions aux reins et au foie; convulsions, coma et mort possibles si la dose est élevée.

Dispositions immédiates à prendre
- En cas de déversement

Interdire l'accès aux lieux. Signaler «Comburant». Avertir le fabricant. Éloigner les badauds. Colmater la fuite et confiner le liquide déversé, si cela peut être fait sans danger. Éviter tout contact avec le produit. Tenir ce dernier éloigné des matières combustibles ou organiques. Empêcher toute eau polluée d'atteindre un égout ou un cours d'eau.

- En cas d'incendie

Incombustible. En présence de chlorate de sodium, éteindre les feux au moyen d'eau. Les autres agents d'extinction sont inefficaces. Refroidir les récipients exposés aux flammes au moyen d'un jet d'eau pulvérisée. Ces derniers peuvent exploser à la chaleur du feu.

Mesures d'intervention d'urgence

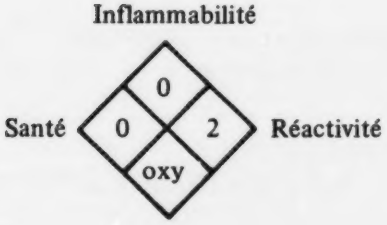
Chlorate de sodium répandu sur le sol. – Construire des barrages pour confiner le liquide. Recueillir le plus possible de matières solides dans des récipients propres et secs (en métal de préférence) et fermer hermétiquement. Laver la zone touchée pour la débarrasser des résidus. Dans le cas des solutions, en recueillir le plus possible par pompage ou avec un équipement à dépression. Laver la zone pour éliminer et diluer les résidus.

Chlorate de sodium dans l'eau. – Confiner par construction d'un barrage, par dérivation ou au moyen de barrières naturelles.

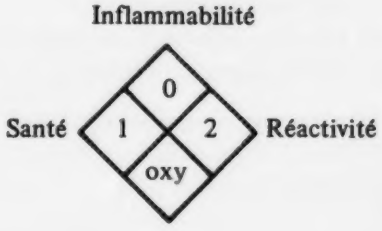
Niveau de gravité du risque selon la NAS

Évaluation du risque selon la NFPA

S'IL Y A FEU



S'IL N'Y A PAS FEU



2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Aspect	Solution: liquide jaune à orange (CCPA, 1983) Solide de qualité commerciale: grumeaux blancs à jaunâtres (CCPA, 1983) Solide pur: cristaux blancs, dans le système cubique ou trigonal (Erco PIM; Hooker PIM)
États à l'expédition	Solide ou liquide (solution aqueuse)
État à 15 °C, 1 atm	Solide
Variables d'état	
Point de fusion	248 à 261 °C (CRC, 1983)
Point d'ébullition	Se décompose avant de l'atteindre (Hooker PIM)
Densité et masse volumique	
Masse volumique	2,487 g/cm^3 (à 25 °C) (Ullmann, 1975)
Densité relative	2,49 (à 15 °C) (Erco PIM)
Propriétés relatives à la combustion	
Inflammabilité	Ininflammable, comburant oxydant (NFPA, 1978)
Température de décomposition	265 °C (Kirk-Othmer, 1979)
Comportement au feu	Danger extrême d'incendie si mélangé à une matière combustible (par exemple, vêtements, bois, papier, etc.). Ces mélanges peuvent être allumés par friction ou chaleur (Erco PIM; Kerr-McGee MSIS, 1978). Les fûts fermés hermétiquement et exposés à la chaleur peuvent exploser (CCPA, 1983).
Solubilité	
Eau	79,5 g dans 100 ml (à 0 °C) 95,7 g dans 100 ml (à 20 °C) 114,6 g dans 100 ml (à 40 °C) (Linke, 1965)
Autres substances communes	Soluble dans l'éthanol, l'ammoniaque et la glycérine (CRC, 1980)
Autres propriétés	
Masse moléculaire du corps pur	106,44 (CRC, 1980)
Composition caractéristique des solutions commerciales	Solide: de 99 à 99,5 p. 100 de $NaClO_3$, le restant étant surtout du NaCl et du H_2O Solutions: de 25 à 46 p. 100 de $NaClO_3$, le restant étant surtout du H_2O et du NaCl
Indice de réfraction	1,515 (à 20 °C) (Kirk-Othmer, 1979)
Hygroscopicité	Légèrement hygroscopique (Kirk-Othmer, 1979)
Chaleur latente de fusion	22,1 kJ/mol (au point de fusion) (CRC, 1980)
Chaleur de formation	-358,7 kJ/mol (à 25 °C) (Lange's Handbook, 1979)
Enthalpie	136 J/(mol . K) (Ullmann, 1975)
Chaleur de dissolution	22,1 kJ/mol (dilution infinie, 20 °C) (Kerr-McGee Bulletin)

Capacité thermique	
À pression constante	**126 J/(mol . ^{o}C) (à 25 ^{o}C) (Lange's Handbook, 1979)**
Conductivité thermique	**1,115 W/(m . ^{o}C) (à 0 ^{o}C) (Lange's Handbook, 1979)**
pH de la solution aqueuse	**7,0 à 9,5 (solution à 45 p. 100) (Erco PIM)**
Conductivité électrique	**6,2 $ohm^{-1} . m^{-1}$ (solution à 10 % à 20 ^{o}C)**
	13,4 $ohm^{-1} . m^{-1}$ (solution à 30 % à 20 ^{o}C)
	15,7 $ohm^{-1} . m^{-1}$ (solution à 50 % à 20 ^{o}C) (Ullmann, 1975)

3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualités et titres (Erco PIM; Olin MSDS, 1980; Hooker PIM; Kirk-Othmer, 1979)

Le chlorate de sodium se vend sous forme solide (titrant 99 à 99,9 p. 100) ou en solutions (titrant 25 à 46 p. 100). La composition type du produit solide pourrait être: 99,5 p. 100 de $NaClO_3$; 0,12 p. 100 de NaCl au maximum; 0,2 p. 100 d'eau au maximum. Celle des solutions pourrait être: 42 p. 100 de $NaClO_3$, 7 p. 100 de NaCl, 51 p. 100 d'eau; ou 25,4 p. 100 de $NaClO_3$, 14,9 p. 100 de NaCl, 59,7 p. 100 d'eau. Les acheteurs peuvent au besoin demander une teneur supérieure en sel (NaCl).

3.2 Fabricants situés au Canada (Corpus, 1984; CBG, 1980; Scott, 1979)

Les adresses indiquées ci-dessous sont celles de sièges sociaux; elles ne sont pas censées servir de premier recours en cas de déversement.

B.C. Chemicals Ltd., C.P. 6000, Prince George (C.-B.), V2N 2K3, (604) 563-0607
Canadian Occidental Petroleum Ltd., Hooker Chemical Division, 700 Fourth Avenue S.W., 1600 McFarlane Tower, Calgary (Alb.), T2P 0K2, (403) 265-2390
Erco Industries Ltd., 2 Gibbs Road, Islington (Ont.), M9B 1R1, (416) 239-7111
PPG Industries Canada Ltd., 5029, rue Saint-Ambroise, Montréal (Qc), H4C 2E9, (514) 993-6721
Prince Albert Pulp Company Ltd., Saskatoon Chemicals Division, C.P. 1586, Saskatoon (Sask.), S7K 3R3, (306) 652-9456
QuéNord Ltée, C.P. 2000, 1900, rue Saint-Patrice Est, Magog (Qc), J1X 4X6, (819) 843-8771
St. Anne Chemical, 8 Prince Arthur Avenue, Toronto (Ont.), M5R 1A9, (416) 968-2900

3.3 Autres fournisseurs (Corpus, 1984; CBG, 1980; Scott, 1979)

Pennwalt of Canada Ltd., 700 Third Line, Oakville (Ont.), L6J 5A3, (416) 827-9841
Ugine-Kuhlmann of Canada Ltd., 2052, route Transcanadienne, Dorval (Qc), H9P 2N4, (514) 683-8750

3.4 Centres de production et transport

Au Canada, les usines de chlorate de sodium sont réparties dans sept provinces. Les principales sont à Buckingham, Beauharnois et Magog au Québec (47 p. 100 de la capacité totale de production), à Vancouver, Prince George et Squamish en Colombie-Britannique (23 p. 100 de la capacité totale de production). On en trouve d'autres en Ontario, au Manitoba, en Saskatchewan et au Nouveau-Brunswick. Le produit est transporté par wagons-citernes, camions-citernes ou en fûts. Le transport se fait dans tout le pays.

3.5 Volume de production (Corpus, 1984)

Capacité nominale de production et total des approvisionnements

Société	Emplacement de l'usine	Capacité nominale (kt/an, 1984)
B.C. Chemicals	Prince George, C.-B.	30
BCM Technologies	Amherstburg, Ont.	22,5
Canadian Occidental	Brandon, Man.	11

Société	Emplacement de l'usine	Capacité nominale (kt/an, 1984)
Canadian Occidental	Nanaimo, C.-B.	7,5
Canadian Occidental	Squamish, C.-B.	11
Erco Industries	Buckingham, Qc	71,5
Erco Industries	Vancouver, C.-B.	54,5
Erco Industries	Thunder Bay, Ont.	46
QuéNord	Magog, Qc	40
PPG Industries	Beauharnois, Qc	80
St. Anne Chemical	Nackawic, N.-B.	10
Saskatoon Chemical	Saskatoon, Sask.	25
Total		409
Production nationale (1983)		294
Importations (1983)		2,5
Total des approvisionnements		296,5

3.6 Fabrication industrielle (FKC, 1975; Kirk-Othmer, 1979; CCPA, 1983)

3.6.1 Information générale. – Le chlorate de sodium se fabrique par électrolyse d'une saumure acidifiée de chlorure de sodium.

3.6.2 Matières premières. – Ce sont le chlorure de sodium, des quantités mineures d'acide chlorhydrique, des agents de traitement de l'eau et des inhibiteurs.

3.6.3 Procédé de fabrication. – Le chlorure de sodium est dissous, jusqu'à saturation, dans de l'eau adoucie. Les impuretés telles que le calcium sont éliminées par précipitation au moyen de sels de sodium; le pH est réglé à un peu plus de 7, avec de l'acide chlorhydrique. On ajoute un peu de bichromate de sodium pour empêcher la corrosion. La saumure est ensuite envoyée en continu dans des électrolyseurs. Les installations anciennes utilisent des électrodes de graphite; cependant les électrodes métalliques gagnent en vogue. La réaction globale est comme suit:

$$NaCl + 3H_2O \xrightarrow{\text{électrolyse}} NaClO_3 + 3H_2$$

L'hydrogène peut être récupéré.

La solution riche en chlorate est pompée hors de l'électrolyseur et chauffée à 90 °C pour détruire l'hypochlorite résiduel. Les impuretés insolubles, telles que les boues d'électrode, se déposent. La solution traverse des évaporateurs à multiples effets pour être concentrée et débarrassée du chlorure de sodium (moins soluble) qui précipite. Ce dernier est recyclé. Le filtrat est refroidi à 45 °C ou moins (selon la température de l'eau) pour faire cristalliser le chlorate de sodium qui est centrifugé, lavé, séché. Les liqueurs de rinçage sont recyclées.

De 50 à 75 p. 100 environ de chaque lot de chlorure de sodium sont transformés en chlorate; comme le chlorure non transformé est recyclé, le rendement global peut atteindre 95 p. 100.

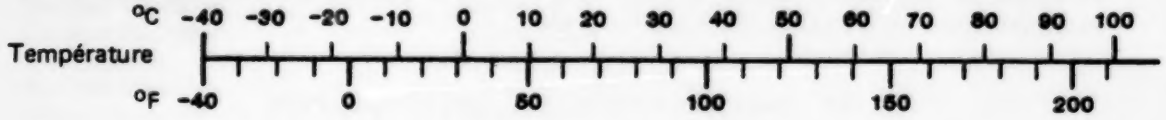
3.7 **Principales utilisations au Canada** (Corpus, 1984)

Le chlorate de sodium sert surtout au blanchiment des pâtes à papier, à la synthèse des herbicides et des défoliants. En 1984, 64 p. 100 de la production nationale servaient au blanchiment des pâtes et 33 p. 100 étaient exportés.

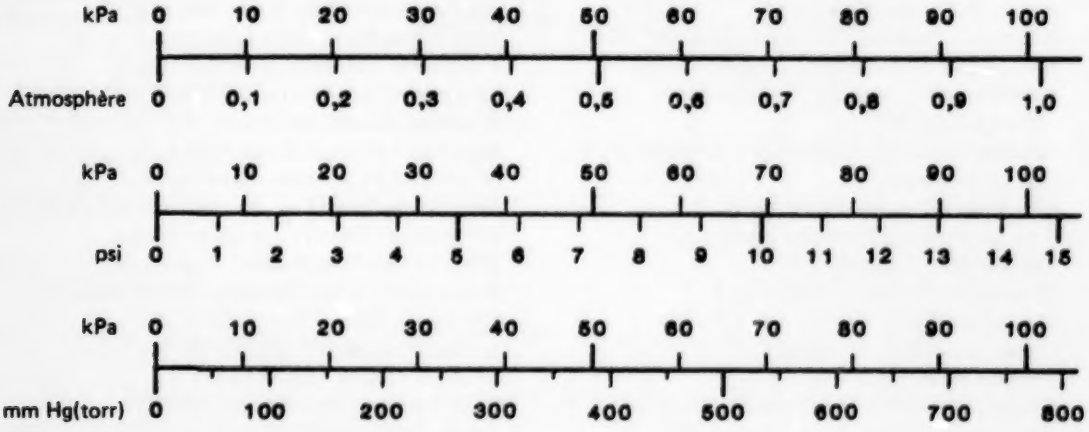
3.8 **Principaux acheteurs au Canada** (Corpus, 1984)

Abitibi-Price, Smooth Rock Falls, (Ont.)
Jonquière (Qc)
Amok, Cluff Lake (Sask.)
B.C. Forest Products, Crofton, Mackenzie (C.-B.)
B.C. Timber, Prince Rupert, Castlegar (C.-B.)
Boise-Cascade Canada, Ft. Frances (Ont.)
Miramichi (N.-B.)
Canadian Cellulose, Prince Rupert, Castlegar (C.-B.)
CIP, La Tuque (Qc)
Cdn. Forest Products, Pt. Mellon (C.-B.)
Cdn. International Paper, La Tuque (Qc)
Cariboo Pulp, Quesnel (C.-B.)
Consolidated-Bathurst, Pontiac (Qc)
Crestbrook Forest, Skookumchuk (C.-B.)
Crown Forest Ind., Campbell R. (C.-B.)
Denison Mines, Elliot Lake (Ont.)
Domtar, Quévillon (Qc), Cornwall (Ont.)
Donohue-St-Félicien, Saint-Félicien (Qc)
Eddy Forest Products, Espanola (Ont.)
Eldorado Nuclear, Rabbit Lake (Sask.)
Fraser, Edmundston, Atholville (N.-B.)
Great Lakes Forest Products, Dyden
et Thunder bay (Ont.)
Intercontinental Pulp, Prince George (C.-B.)
Iving Pulp & Paper, Saint John (N.-B.)
James River-Marathon, Marathon (Ont.)
Kimberley-Clark, Terrace Bay (Ont.)
MacMillan Bloedel, Harmac (C.-B.)
Madawaska Mines, Bancroft (Ont.)
Northwood Pulp, Prince George (C.-B.)
Nova Scotia Forest Ind., Port Hawkesbury (N.-É.)
Prince Albert Pulp, Prince Albert (Sask.)
Prince George Pulp, Prince George (C.-B.)
Proctor and Gamble Cellulose, Grand Prairie (Alb.)
Rio Algom Mines, Elliott Lake (Ont.)
St. Anne-Nackawic, Nackawic (N.-B.)
St. Regis Alberta, Hinton (Alb.)
Scott Maritimes, New Glasgow (N.-É.)
Tahsis, Gold River (C.-B.)
Thurso Pulp & Paper, Thurso (Qc)
Western Forest Products, Squamish (C.-B.)
Weyerhaeuser, Kamloops (C.-B.)

Tableau 1



Pression 1 kPa = 1000 Pa



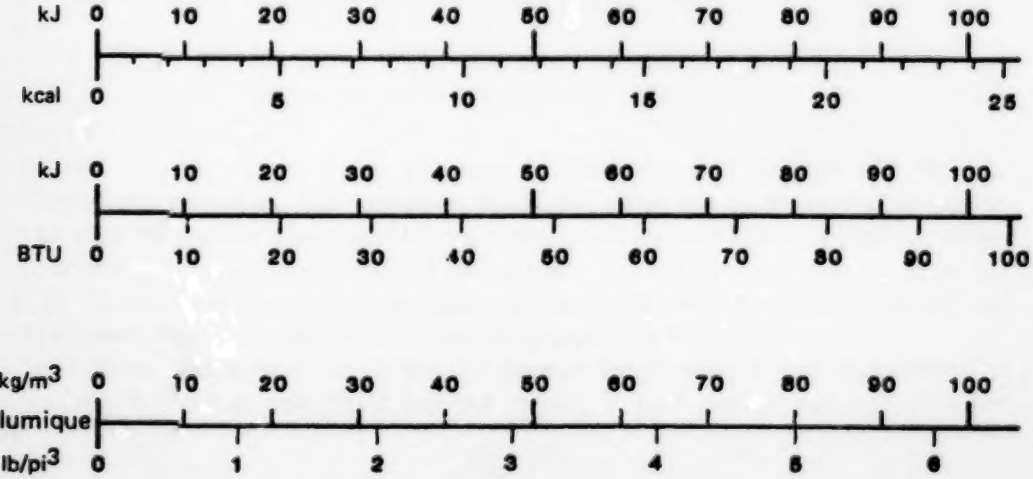
Viscosité

Dynamique 1 Pa·s = 1000 centipoises (cPo)

Cinématique 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)
1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) 1 kJ = 1 000 J



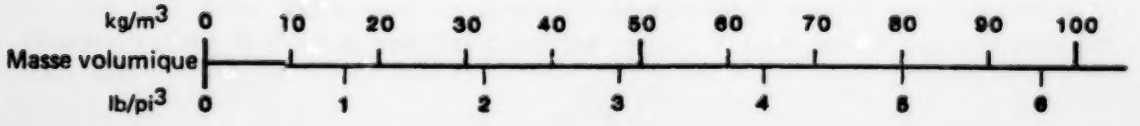


Figure 1

CHLORATE DE SODIUM — **SOLUBILITÉ DANS L'EAU**

Source: Linke, 1965

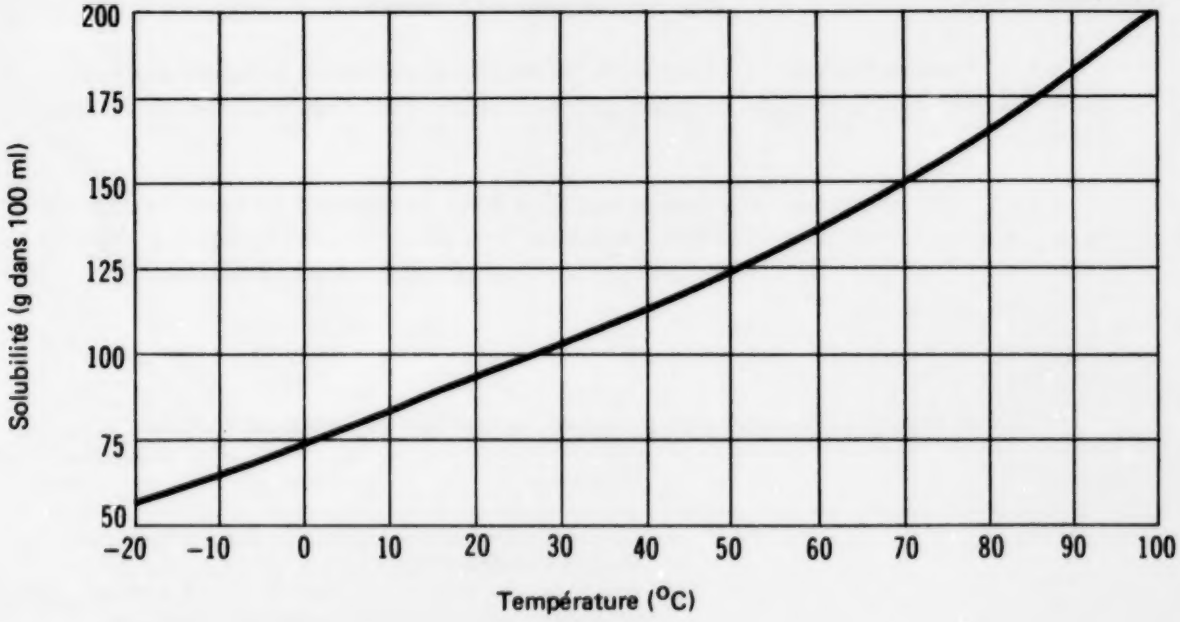
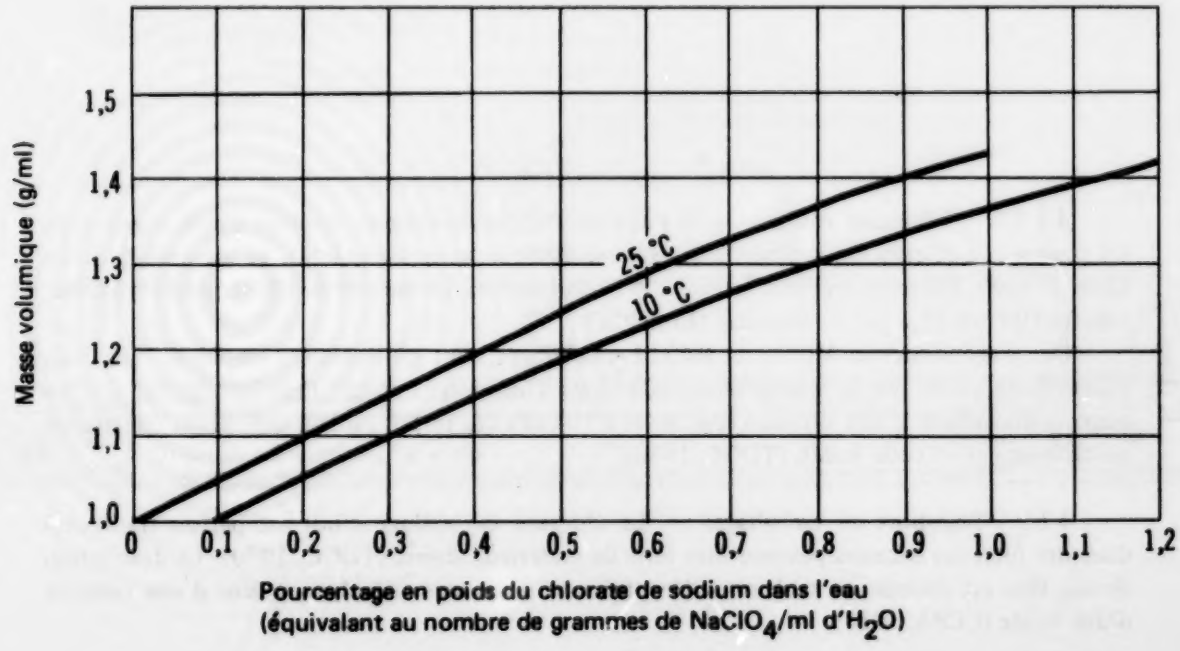


Figure 2

CHLORATE DE SODIUM (solutions) — **MASSE VOLUMIQUE DES SOLUTIONS**

Source: Ullmann, 1975



4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ

4.1 Engins et récipients de transport

4.1.1 Transport en vrac. – À l'état solide, le chlorate de sodium est transporté par wagons-trémies ou par véhicules routiers; en solution, il est transporté par wagons-citernes ou camions-citernes.

4.1.1.1 Wagon-citerne. – Le modèle utilisé est décrit au tableau 2. La figure 3 montre un wagon-citerne de spécification 111A60W1; le tableau 3 en donne les caractéristiques. La figure 4 et le tableau 4 donnent les détails du wagon-trémie utilisé pour le produit à l'état solide.

Tableau 2
Spécifications CCT/DOT s'appliquant aux wagons-citernes utilisés pour le chlorate de sodium

Numéro	Description
111A60W1	Citerne en acier soudée par fusion, sans dôme. Isolée ou non. Marge de remplissage minimale: 2 p. 100. Indicateur de niveau. Soupape de sûreté (242 kPa) (35 lb/po^2) ou évent de sûreté (414 kPa) (60 lb/po^2). Orifices de lavage ou de déchargement par le fond facultatifs.
111A60W1 (1L)	Ne diffère du wagon-citerne 111A60W1 que par le revêtement intérieur pour les solutions de chlorate de sodium titrant plus de 10 p. 100.
103W	Citerne en acier soudée par fusion avec dôme. Isolée ou non. Service général. Capacité minimale d'expansion dans le dôme: 2 p. 100. Soupape de sûreté (242 kPa) (35 lb/po^2) ou évent de sûreté (414 kPa) (60 lb/po^2). Orifices de lavage ou de déchargement par le fond facultatifs (MCA, 1952).

4.1.1.2 Véhicules routiers. – Il s'agit de remorques-citernes tractées d'une capacité de 18 tonnes. La citerne est inclinée. Elle est construite en acier inoxydable, en aluminium ou en fibre de verre. Plusieurs registres facilitent le déchargement. Le raccord de déchargement, à bride, mesure 100 mm (2,5 po) de diamètre (Erco PIM).

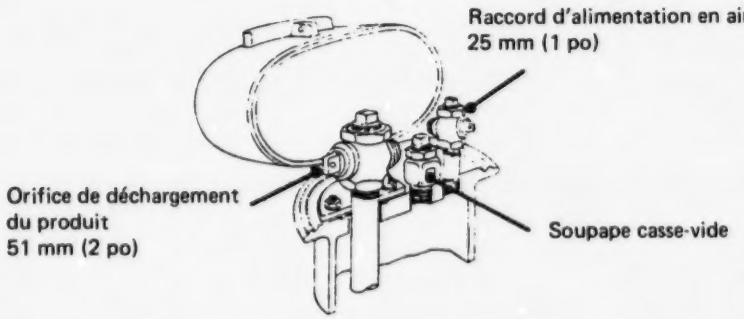
Des wagons-citernes MC311 et MC312, calorifugés, sont généralement employés. Les deux classes sont visées par la spécification TC312 de Transports Canada. Celles-ci exigent que les citernes déchargées à une pression supérieure à 104 kPa (15 lb/po^2) soient conçues et construites conformément au code ASME (TDGC, 1980).

4.1.2 Transport en emballages. – Le chlorate de sodium solide est parfois transporté dans des fûts; ces derniers peuvent être faits de matériaux divers (TDGC, 1980). La description de ces fûts est donnée au tableau 5. On utilise aussi des sacs de polypropylène d'une capacité d'une tonne (CCPA, 1983).

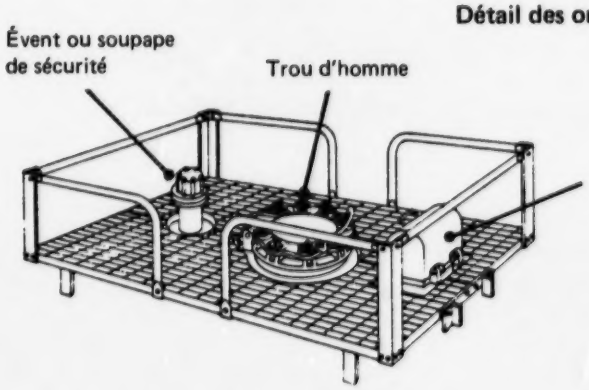
Figure 3

CHLORATE DE SODIUM **WAGON-CITERNE DE SPÉCIFICATION 111A60W1**

Sources: TCM, 1979; RTDCR, 1974



Détail des organes de déchargement par le haut



Détail de la plate-forme supérieure

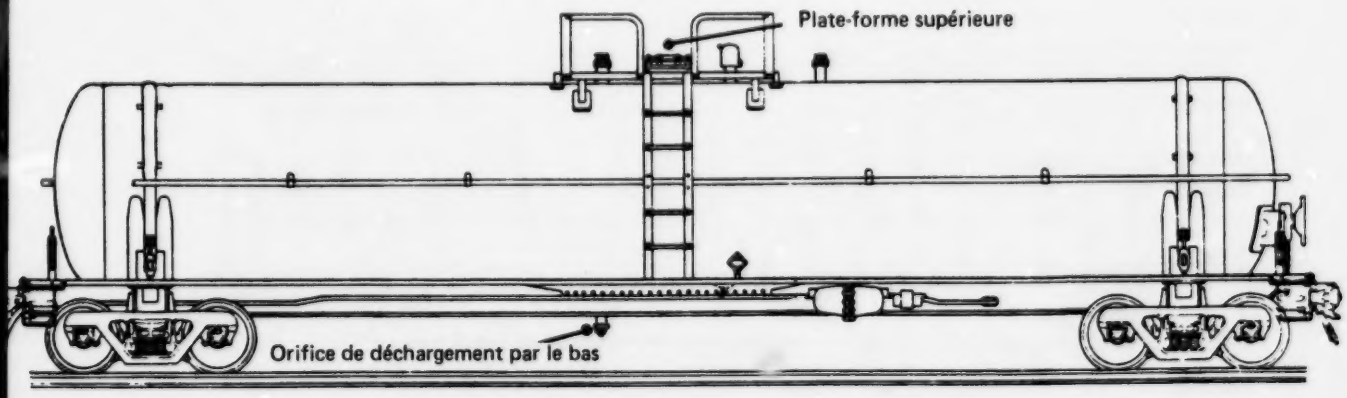


Tableau 3
Caractéristiques du wagon-citerne de spécification 111A60AW1 utilisé pour le chlorate de sodium (TCM, 1979; RTDCR, 1974)

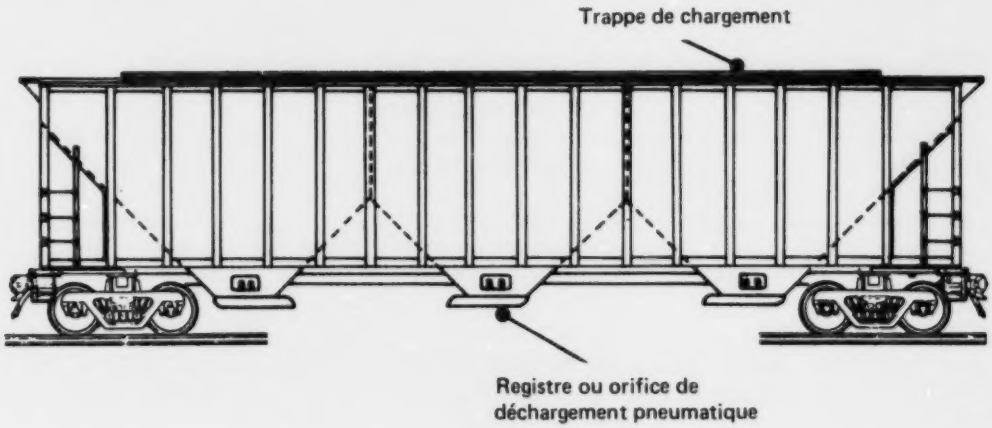
	Capacité nominale de la citerne (gal imp.)		
Description	16 700	17 200	20 000
Structure			
Capacité nominale	75 700 l (16 700 gal)	78 000 l (17 200 gal)	90 900 l (20 000 gal)
Tare (poids à vide)	33 900 kg (74 700 lb)	33 900 kg (74 700 lb)	38 900 kg (85 800 lb)
Masse brute maximale	119 000 kg (263 000 lb)	83 500 kg (184 000 lb)	119 000 kg (263 000 lb)
Citerne			
Matériau	Acier	Acier	Acier
Épaisseur	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)
Diamètre intérieur	2,60 m (102 po)	2,62 m (103 po)	2,74 m (108 po)
Pression d'épreuve	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)
Pression d'éclatement	1640 kPa (240 psi)	1640 kPa (240 psi)	1640 kPa (240 psi)
Dimensions approximatives			
Longueur avec organes d'attelage	17 m (57 pi)	17 m (57 pi)	18 m (60 pi)
Longueur avec pylônes de choc	16 m (53 pi)	16 m (53 pi)	17 m (57 pi)
Longueur entre pivots de bogie	13 m (42 pi)	13 m (42 pi)	14 m (45 pi)
Hauteur au sommet du caillebotis	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Largeur hors-tout (avec poignées)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)
Longueur du caillebotis	2-3 m (8-10 pi)	2-3 m (8-10 pi)	2-3 m (8-10 pi)
Largeur du caillebotis	1,5-2 m (5-6 pi)	1,5-2 m (5-6 pi)	1,5-2 m (5-6 pi)
Déchargement par le haut			
Raccord de déchargement	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)
Orifice de remplissage/ trou d'homme	203-356 mm (8-14 po)	203-356 mm (8-14 po)	203-356 mm (8-14 po)
Raccord d'arrivée d'air	25-51 mm (1-2 po)	25-51 mm (1-2 po)	25-51 mm (1-2 po)
Déchargement par le bas			
Orifice de déchargement par le bas	102-152 mm (4-6 po)	102-152 mm (4-6 po)	102-152 mm (4-6 po)
Dispositifs de sécurité	Évent ou soupape de sécurité		
Dôme	Aucun		
Isolation	Facultative		

Figure 4

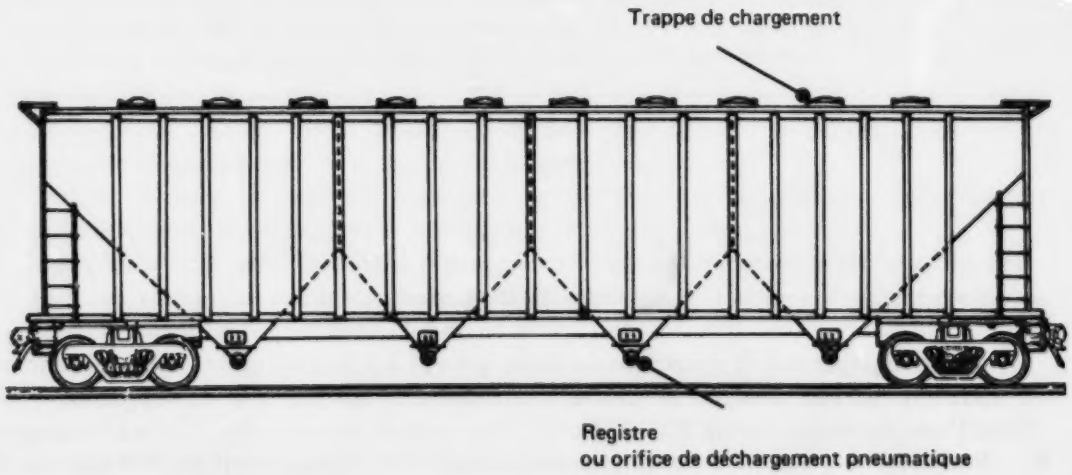
CHLORATE DE SODIUM

WAGONS-TRÉMIES COUVERTS; CLASSE LO DE L'ARR

Sources: CLC, 1974; AAR, 1983



Wagon couvert à 3 trémies



Wagon couvert à 4 trémies

Tableau 4
Caractéristiques du wagon-trémie couvert de classe LO (AAR) utilisé pour le chlorate de sodium (CLC, 1974)

Description	Wagon-trémie de 5800 pi^3	Wagon-trémie de 4700 pi^3
Structure		
Capacité nominale	164 m^3 (5800 pi^3)	133 m^3 (4700 pi^3)
Charge nominale	89 000 kg (196 000 lb)	86 000 kg (196 000 lb)
Tare	45 000 kg (100 000 lb)	45 000 kg (100 000 lb)
Masse brute maximale	119 000 kg (263 000 lb)	119 000 kg (263 000 lb)
Trémies		
Nombre	4	3
Matériau	Acier	Acier
Longueur intérieure	410 cm (160 po)	460 cm (180 po)
Largeur intérieure	300 cm (118 po)	300 cm (118 po)
Distance entre les dispositifs de déchargement	4 m (12 pi)	5 m (15 pi)
Angle de la pente	40-50°	40-45°
Dimensions approximatives		
Longueur avec organes d'attelage	21 m (69 pi)	18 m (60 pi)
Longueur avec pylônes de choc	20 m (66 pi)	17 m (57 pi)
Distance entre les pivots de bogie	16 m (53 pi)	14 m (45 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Hauteur de la passerelle de toit jusqu'au sommet	5 m (15 pi)	4 m (12 pi)
Largeur hors-tout	3,1 m (10 pi)	3,2 m (10,5 pi)
Longueur intérieure	19 m (62 pi)	17 m (57 pi)

Dispositifs de chargement et de déchargement

Trappes de chargement: Les wagons-trémies couverts sont généralement équipés de 4 à 12 trappes de chargement rondes ou carrées de 36 à 61 cm (14-24 po) de diamètre ou de côté.

Organes de déchargement: Le déchargement se fait par le bas au moyen de registres carrés dont les côtés ont une longueur de 36 à 61 cm (14-24 po) ou d'orifices de déchargement de 10 à 20 cm (4-8 po) de diamètre.

4.2 Déchargement

4.2.1 Équipement et opérations de déchargement des wagons et des véhicules routiers. – Le déchargement des solutions de chlorate de sodium se fait par le bas, par pompage (CCPA, 1983). Procéder comme suit (HSC, 1977):

- Raccorder la conduite de transvasement à l'orifice de déchargement par le bas et ouvrir le robinet du fond;
- Ouvrir le robinet du haut pour permettre à l'air d'entrer;
- Décharger le wagon par pompage.

Tableau 5
Caractéristiques des fûts utilisés pour le transport du chlorate de sodium

Catégorie	Code	Description	Figure
Acier	1A1	Dessus non amovible; réutilisable	5
	1A1A	1A1 avec rebords renforcés	5
	1A1B	1A1 avec collerette de fermeture soudée	5
	1A1C	1A1 avec revêtement intérieur en plomb	5
	1A1D	1A1 avec revêtement intérieur autre que le plomb	5
	1A2	Dessus amovible, réutilisable	5
	1A2A	1A2 avec rebords renforcés	5
	1A2B	1A2 avec revêtement intérieur autre que le plomb	5
	1A3	Dessus non amovible; non réutilisable	5
	1A4	Dessus amovible; non réutilisable	5
Fût en acier avec récipient intérieur en matière plastique	6HA1	Tôle extérieure en acier en forme de fût. Récipient intérieur en matière plastique. Contenance de 225 litres (50 gal).	
Fût en carton avec récipient intérieur en matière plastique	6HG1	Récipient extérieur en carton de fabrication convolute (plusieurs épaisseurs enroulées concentriquement). Récipient intérieur en matière plastique en forme de fût. Contenance de 225 litres (50 gal).	

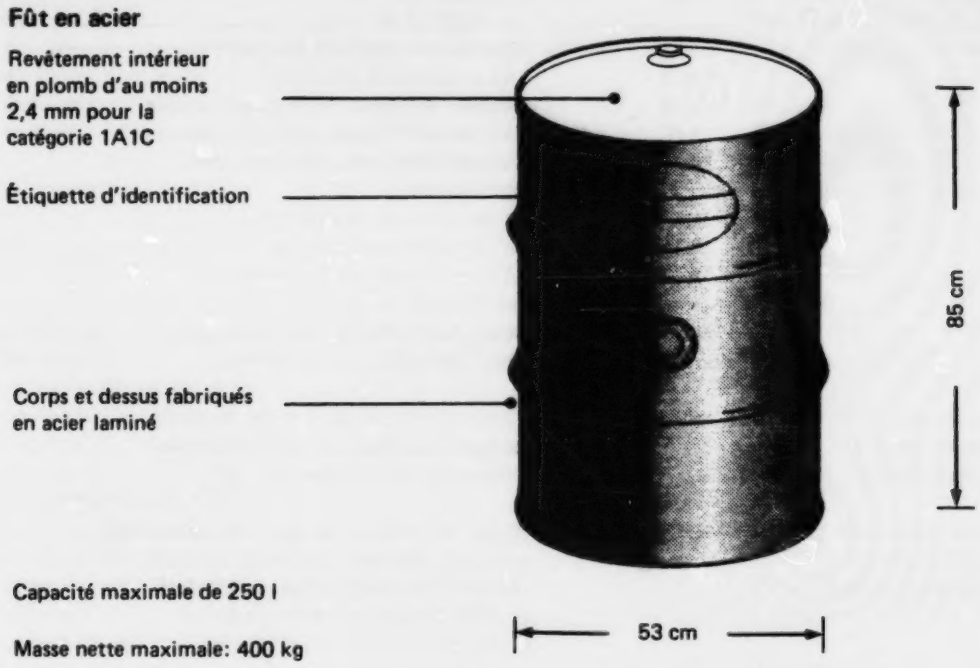
Pour décharger les wagons-trémies ou les camions de chlorate solide, suivre les étapes suivantes (Erco PIM; CCPA, 1983):

- Chauffer l'eau à 85 °C, préalablement à l'arrivée des wagons ou des remorques;
- Insérer une pompe de recirculation dans le circuit de transvasement pour faire en sorte que la circulation soit bonne vers le réservoir de stockage;
- Ouvrir la trappe de chargement;
- Au moyen de la pompe de recirculation, remplir la gaine du bas de la trémie au moyen d'une conduite d'aspersion reliée à la sortie de refoulement de la pompe;
- Lorsque la gaine est ennoyée, mettre en marche la pompe de déchargement. Poursuivre le déchargement jusqu'à ce que la citerne soit vide;
- Après le déchargement, laver les dernières traces du produit et arroser l'extérieur du wagon;
- Faire un rinçage en retour de la conduite de transvasement et de la conduite d'aspersion pour empêcher toute cristallisation interne du produit.

4.2.2 Spécifications et matériaux de fabrication des organes de déchargement des solutions. – Les conduites peuvent avoir jusqu'à 19 mm (3/4 po) de diamètre et elles devraient être en acier inoxydable de catégorie 40; les conduites de 25 mm (1 po) et plus devraient être en acier inoxydable 316 L ou de catégorie 10. On devrait utiliser des joints à bride ou des joints soudés, notamment pour les diamètres d'au moins 63 mm (2,5 po) (HSC, 1977). La conduite de transvasement est habituellement de 51 mm (2 po) de diamètre pour s'adapter aux raccords

Figure 5

CHLORATE DE SODIUM — **FÛT TYPE**



normalisés de déchargement des wagons. Pour les installations permanentes, on recommande le plastique renforcé (armé de fibre); l'acier au carbone peut servir pour un service de courte durée ou intermittent, mais les conduites devraient être vidangées ou rincées après emploi (CCPA, 1983).

Pour les segments flexibles de la conduite de transvasement, on peut utiliser des joints de dilatation à soufflets. Ils sont fabriqués de brides en fonte ductile ASA et de tétrafluoréthylène moulé, celui-ci assurant la dilatation (Dow PPS, 1972). Les flexibles raccordés aux wagons-citernes ou aux camions-citernes devraient être de caoutchouc armé, spécialement traité (Erco PIM).

Les robinets à membrane, à corps de fonte doublé de polyéther chloré ou de chlorure de polyvinylidène, conviennent (DPLV, 1972). Il en est de même des garnitures en polyéthylène chlorosulfoné (DPLP, 1972). Dans les dispositifs en acier inoxydable, on préfère les robinets-vannes à un plateau, à tige extérieure et à étrier (HSC, 1977).

On peut utiliser des pompes centrifuges tout en fer. Pour le chlorate de sodium salé, on devrait utiliser une pompe à corps et à turbine en acier inoxydable ou en Monel. Les joints hydrauliques en Téflon conviennent (HSC, 1977). On recommande les pompes sans presse-étoupe ou les garnitures mécaniques purgées d'eau en matériaux incombustibles (CCPA, 1983).

La contenance normale du réservoir de stockage devrait excéder d'au moins 20 p. 100 la quantité à stocker. Normalement, la contenance est d'environ 90 000 litres (Erco PIM). Le réservoir devrait renfermer un serpentin de chauffage en Monel ou en titane et devrait être isolé et doublé. Le serpentin devrait être conçu pour maintenir la solution à la température de 49 °C.

Le niveau du liquide dans le réservoir devrait pouvoir être surveillé par un indicateur (Erco PIM). On recommande, pour la construction des réservoirs, le plastique renforcé ou l'acier à revêtement intérieur en poterie. On conseille aussi d'adapter au sommet du réservoir un agitateur interne en acier inoxydable 316 (HSC, 1977).

Pour les conduites en acier inoxydable, on préférera les joints d'étanchéité en Téflon de 2 ou 3 mm; dans le cas des conduites d'aluminium ou de plastique renforcé, on devrait utiliser le Téflon ou l'Hypalon (HSC, 1977). En général, les joints en Téflon, en Viton, en Hypalon ou en Tygon sont recommandés pour les conduites en acier inoxydable (CCPA, 1983).

4.3 Compatibilité entre le produit et certains matériaux

La compatibilité entre le chlorate de sodium et certains matériaux de fabrication est indiquée dans le tableau 6. Le mode d'évaluation utilisé dans le tableau 6 est décrit brièvement ci-dessous.

Recommandé: Le matériau donnera un rendement satisfaisant pour l'utilisation indiquée.

Avec réserves: Le matériau montrera des signes de détérioration pour l'utilisation indiquée; il peut convenir pour utilisation intermittente ou de courte durée.

Déconseillé: L'utilisation indiquée causera une grave détérioration du matériau; l'emploi du matériau est donc déconseillé.

Tableau 6
Compatibilité du chlorate de sodium et de certains matériaux de fabrication

Utilisation	Titre	Temp. (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
1. Conduites et raccords	La plupart	23		PVC I	
		60		PVC II (DPPED, 1967)	
		66	Polyéther chloré	PVC I (DPPED, 1967)	PVC II (DPPED, 1967)
			PVDC (DCRG, 1978)		
		107	Polypropylène (DCRG, 1978)		
		135	PVDF (DCRG, 1978)		
		Jusqu'à la limite de tolérance		PVC I*, ABS Polyéthylène (MWPP, 1978)	
	La plupart	Jusqu'au point d'ébullition	Acier inox 316 ELC PRFV (HSC, 1977)	Acier au carbone (HSC, 1977)	Aluminium (CCPA, 1983)
	La plupart	Basse	Aluminium (CCPA)		
2. Robinetterie	10 ou 25 p. 100	21	Aciers inox J-20, 316 (JSSV, 1979) Acier inox 314 ELC (HSC, 1977)		
3. Pompes	50 p. 100	82	EVRV avec joint torique en Viton A, corps et turbine en Monel (Erco PIM)		
	Solution aqueuse	La plupart	Aciers inox 304 et 316, fonte à haute teneur en Si (HIS, 1969)		
4. Réservoirs de stockage	La plupart	La plupart	Acier au carbone à revêtement de céramique, PRFV Acier inox (HSC, 1977) Monel (CCPA, 1983)		
5. Autres	Jusqu'à 10 p. 100 (sol. aqueuse)	60	Polyéthylène Polypropylène Polyoxyméthylène Caoutchouc butyle Caoutchouc éthylène-propylène Polychloroprène	PVC non plastifié CNB (GF)	Caoutchouc naturel (GF)

Utilisation	Titre	Temp. (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
			Caoutchouc fluoré PECS (GF)		
	10 ou 25 p. 100 Saturation	20	Aciers inox 302, 304, 316, 430 (ASS) PVC non plastifié Polyéthylène Polypropylène Polyoxyméthylène Caoutchouc butyle Caoutchouc éthylène-propylène Polychloroprène Caoutchouc fluoré PECS (GF)	Acier inox 410 (ASS)	Caoutchouc naturel CNB (GF)
		100	PECS (GF)	Polypropylène Viton (GF)	PVC non plastifié Polyéthylène Polyoxyméthylène Caoutchouc naturel CNB Caoutchouc butyle CEP Polychloroprène (GF)
		60	PVC (TPS, 1978)		
		82	Polypropylène (TPS, 1978)		
		85	PVCSC (TPS, 1978)		
	Saturation	121	PVDF (TPS, 1978) CBS (GPP)		
	10 à 30 p. 100	24 à 100	Verre (CDS, 1967)		
	100 p. 100	24	Verre (CDS, 1967)		
	10 à 30 p. 100	24	Béton (CDS, 1967)		
	100 p. 100	24	Béton		Bois (CCPA, 1983)

ABS: acrylonitrile-butadiène-styrène; CBS: caoutchouc butadiène-styrène; CEP: caoutchouc éthylène-propylène; CNB: caoutchouc nitrile-butadiène; EVRV: éther vinylique renforcé de fer; PECS: polyéthylène chlorosulfoné; PRFV: plastique renforcé de fibre de verre; PTFE: polytétrafluoroéthylène; PVC: polychlorure de vinyle; PVCSC: PVC surchloré; PVDC: polychorure de vinylidène; PVDC: polyfluorure de vinylidène.

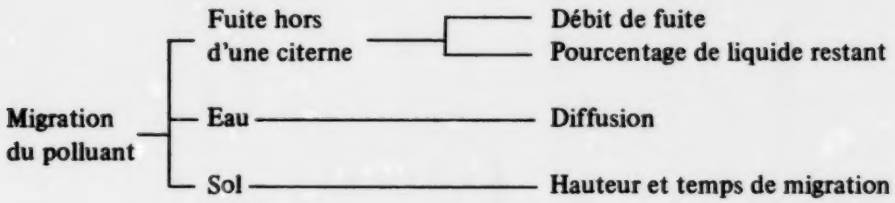
5 FUITE ET MIGRATION DU PRODUIT

5.1 Aperçu général

Le chlorate de sodium est transporté ordinairement sous forme solide dans des wagons-trémies couverts, ou en solution aqueuse dans des wagons-citernes. Déversé dans l'eau, il se dissout rapidement, sous toutes ses formes. Répandues sur le sol, les solutions s'étalent en surface et pénètrent dans le sol à une vitesse qui varie selon le type de sol et la teneur en eau de ce dernier. La migration du polluant vers la nappe phréatique présente un risque pour l'environnement.

Comme le chlorate de sodium est essentiellement non volatil, la diffusion de ses vapeurs dans l'atmosphère n'est pas préoccupante. Dans certains cas, les nuages de poussières de chlorate de sodium pourraient constituer un problème grave; cependant, cette situation est difficile à modéliser, et il n'en sera pas question dans le présent volume.

Voici les facteurs à prendre en considération lorsqu'il y a migration du polluant dans l'eau ou dans le sol.



À cause du caractère approximatif des calculs dans le domaine de la migration des polluants, la méthode adoptée consiste à utiliser des estimations prudentes des paramètres critiques dans le but d'établir des prévisions qui reflètent le plus fidèlement possible les pires scénarios. En suivant cette méthode, il se peut que l'on doive poser des hypothèses différentes pour chaque milieu. Cette méthode permet donc de comparer le comportement de différents produits chimiques dans les pires scénarios à partir d'hypothèses compatibles avec chaque milieu.

5.2 Fuite du produit

5.2.1 Introduction. – Le chlorate de sodium en solution est transporté par wagon-citerne. La capacité des citernes peut varier énormément, mais nous n'en avons retenu qu'une pour établir les nomogrammes de fuites de la présente collection. Il s'agit d'une citerne qui mesure environ 2,75 m de diamètre, 13,4 m de longueur et qui peut contenir environ 80 000 litres.

L'objet des nomogrammes est d'aider à déterminer, par un moyen simple, l'évolution des conditions dans la citerne et le débit de fuite du liquide. À cause de la faible volatilité des solutions de chlorate de sodium et du fait que les wagons-citernes ne sont pas sous pression, nous n'avons pas établi de nomogrammes de la fuite de vapeurs par un orifice situé au-dessus du niveau du liquide.

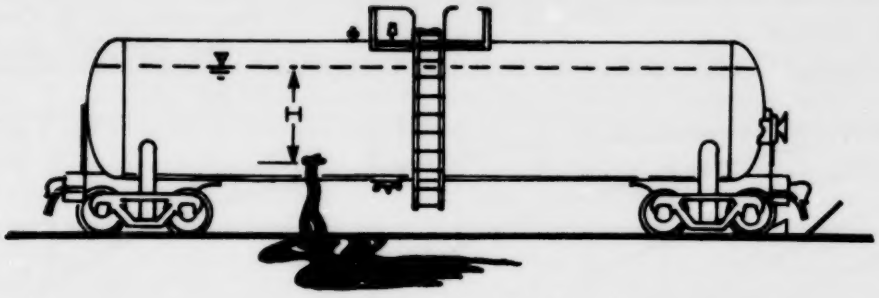


Figure 6 ORIFICE AU-DESSOUS DU NIVEAU DU LIQUIDE

5.2.2 Nomogrammes des fuites

5.2.2.1 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé. – La figure 7 permet d'évaluer le pourcentage de liquide restant dans le wagon-citerne type à un moment donné après la perforation selon le diamètre de l'orifice. Ce diamètre est en fait un diamètre équivalent: il vaut pour des orifices de toutes formes.

On suppose que la citerne est pleine (au moment $t = 0$) et qu'elle contient environ 80 000 l de solution de chlorate de sodium. La quantité restant à tout moment t n'est pas seulement une fonction du débit selon le temps, mais aussi de la taille et de la forme de la citerne.

5.2.2.2 Débit de fuite en fonction du temps écoulé. – La figure 8 permet d'évaluer le débit instantané (l/s) à tout moment t selon le diamètre équivalent de l'orifice. Le nomogramme ne s'utilise que dans le cas du wagon-citerne type, contenant au départ 80 000 litres.

5.2.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Une perforation dans le bas d'un wagon-citerne type renfermant 80 000 l d'une solution à 30 p. 100 de chlorate de sodium s'est traduite par un orifice d'un diamètre équivalent à 150 mm. Quel pourcentage du volume initial reste-t-il après 10 mn? Solution (voir fig. 7) : si $t = 10$ mn et D = 150 mm, le volume de liquide restant est d'environ 36 p. 100 ou 28 800 l.

PROBLÈME B

Soit les mêmes données qu'au problème A. Quel est le débit instantané de fuite, 10 mn après l'accident? Solution (voir fig. 8): si $t = 10$ mn et D = 150 mm, le débit q instantané = 70 l/s.

5.3 Diffusion dans l'atmosphère

Le chlorate de sodium étant non volatil, dans les cas prévisibles de déversement, les possibilités de diffusion atmosphérique sont négligeables.

Figure 7

CHLORATE DE SODIUM

POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT
EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ

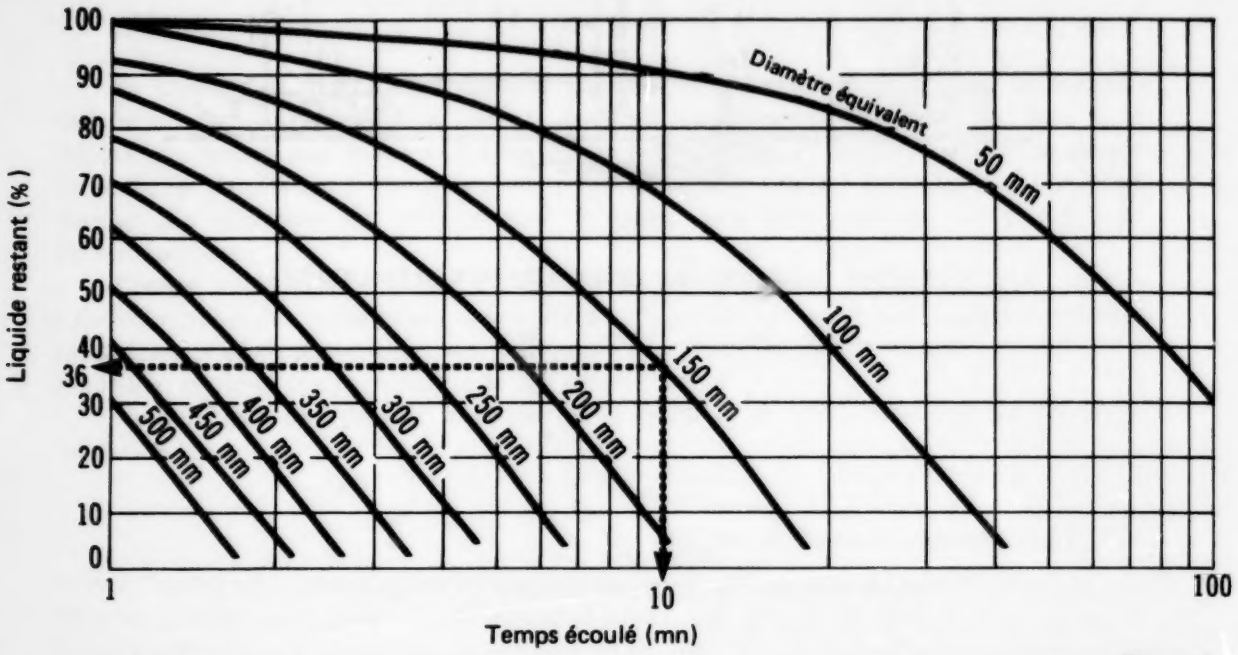
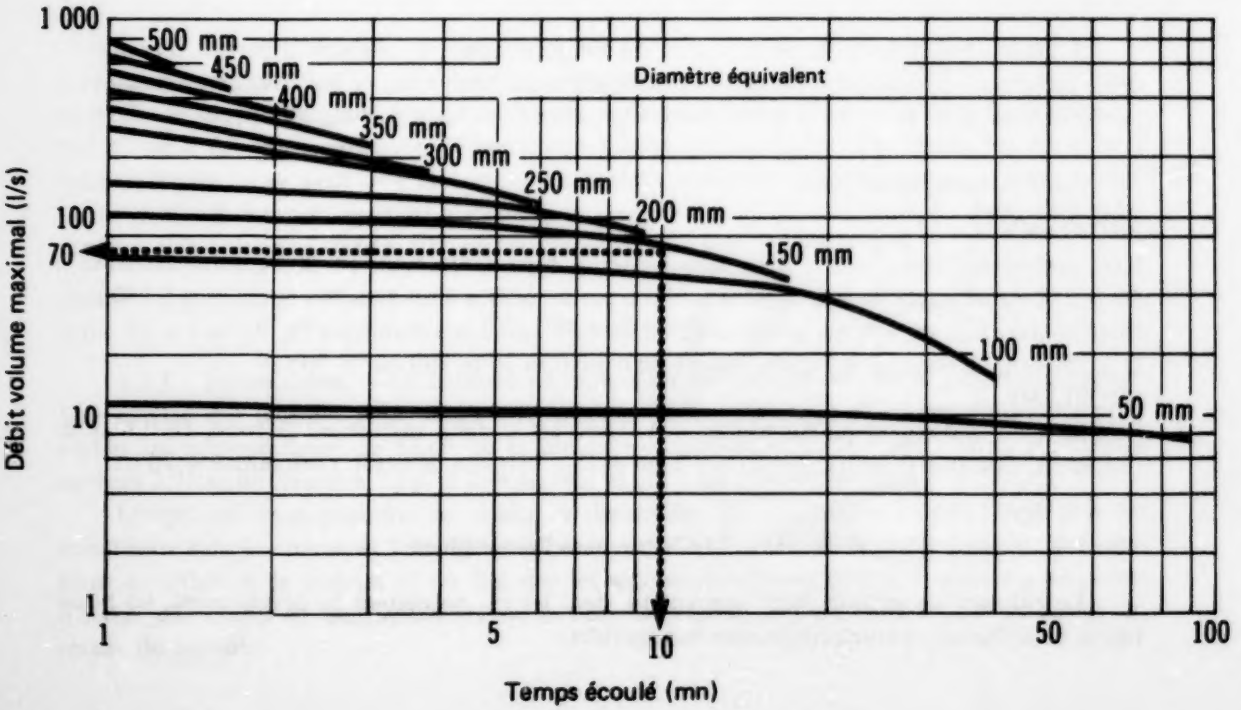


Figure 8

CHLORATE DE SODIUM

DÉBIT DE FUITE
EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ



5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. – Le chlorate de sodium est très soluble dans l'eau. Après y avoir été déversé, il coule au fond et se dissout rapidement. Suite au mélange, le produit est dilué. En général, le phénomène de mélange peut être décrit par les équations de diffusion classiques, comportant un ou plusieurs coefficients de diffusion. Dans les cours d'eau, le mélange est surtout le résultat d'un écoulement turbulent; alors que dans un plan d'eau (étendue d'eau calme) il s'effectue par diffusion moléculaire.

Pour évaluer la teneur en polluant de l'eau d'un cours d'eau en aval d'un lieu de déversement, les auteurs ont utilisé un modèle de diffusion turbulente. Ce modèle s'applique aux liquides miscibles à l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et aux solides qui se dissolvent dans l'eau. Il vaut donc pour le chlorate de sodium.

Le modèle utilisé est unidimensionnel; il établit un canal rectangulaire théorique et suppose une teneur uniforme en polluant dans toute section donnée de l'écoulement (section mouillée). En pratique, une telle uniformité n'est possible qu'en des points situés assez loin en aval du lieu du déversement, là où les mécanismes de mélange et de dilution ont joué suffisamment pour produire une répartition égale du polluant à travers le canal. Le modèle s'applique aux cours d'eau dont le rapport largeur/profondeur est inférieur à 100. Il postule également un coefficient de rugosité de Manning de 0,03. (Pour plus de détails au sujet de ce modèle, voir le *Manuel d'introduction Enviroguide*.)

En ce qui a trait à la diffusion moléculaire dans un plan d'eau, aucun modèle n'a été élaboré. Les auteurs ont établi des nomogrammes permettant de délimiter la zone dangereuse et de calculer la teneur moyenne dans cette zone en fonction de la masse de liquide déversé, indépendamment du temps écoulé.

5.4.2 Nomogrammes de la diffusion du polluant dans l'eau. – Le lecteur trouvera ci-dessous la liste des nomogrammes servant à déterminer les teneurs en polluant dans les cours d'eau non soumis aux marées et dans les lacs au repos ou autres plans d'eau.

A. – Cours d'eau non soumis aux marées

Figure 10 Distance en fonction du temps (pour une plage de vitesses moyennes d'écoulement)

Figure 11 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal (pour une plage de profondeurs du canal [hauteurs d'eau]).

Figure 12 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique (pour une plage de vitesses moyennes d'écoulement)

Figure 13 Alpha* en fonction du coefficient de diffusion turbulente (pour différentes valeurs de temps écoulé)

Figure 14 Delta* en fonction de alpha (pour différentes masses de liquide déversé)

Figure 15 Teneur maximale en fonction de delta (pour des sections mouillées de différentes surfaces)

B. – Lacs au repos et autres plans d'eau

Figure 16 Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique de la zone dangereuse (pour différentes profondeurs du lac, c.-à-d. différentes hauteurs d'eau)

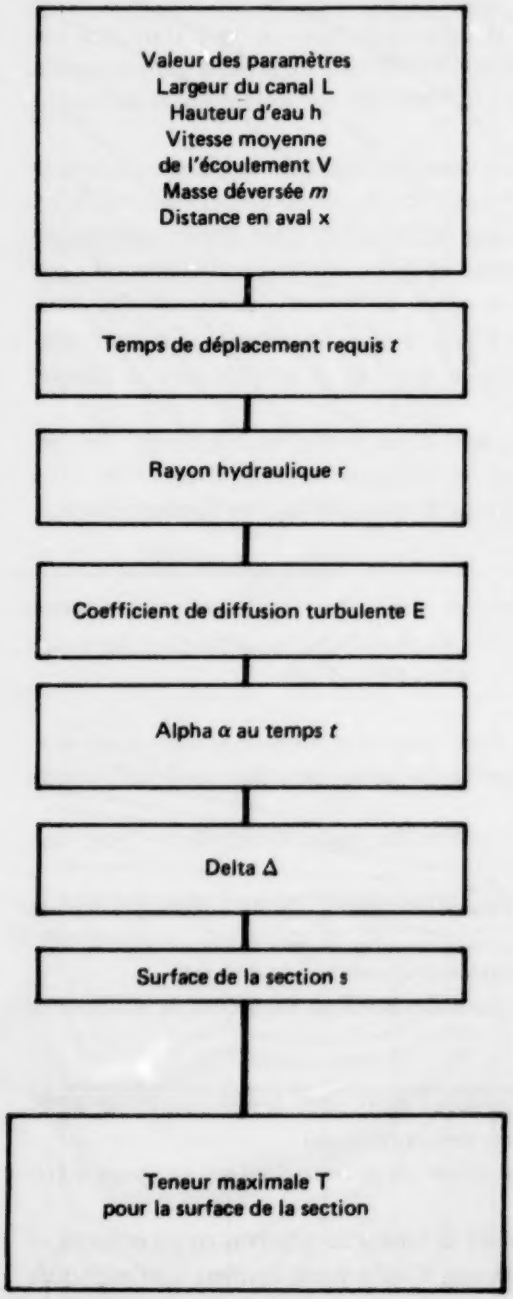
Figure 17 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau de la zone dangereuse (pour différentes masses de liquide déversé)

La figure 9 présente les étapes à suivre pour évaluer la teneur en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement et indique les nomogrammes à utiliser; ces derniers sont expliqués dans les paragraphes qui suivent.

Figure 9

CHLORATE DE SODIUM

ÉTAPES À SUIVRE POUR CALCULER LA TENEUR EN POLLUANT D'UN COURS D'EAU NON SOUMIS AUX MARÉES



Étape 1

Par observation ou évaluation

L = _____ m

h = _____ m

V = _____ m/s

m = _____ tonnes

x = _____ m

Étape 2 t = _____ mn (fig. 10)

Étape 3 r = _____ m (fig. 11)

Étape 4 E = _____ m^2/s (fig. 12)

Étape 5 α = _____ (fig. 13)

Étape 6 Δ = _____ (fig. 14)

Étape 7 s = L x h = _____ m^2

Étape 8 T = _____ ppm (fig. 15)

5.4.2.1 Diffusion dans les cours d'eau non soumis aux marées

Figure 10 Distance en fonction du temps. – Le graphique montre les relations entre la vitesse moyenne de l'écoulement, le temps écoulé et la distance parcourue. Pour une vitesse moyenne de l'écoulement V donnée, le temps *t* que met le polluant pour atteindre un point situé à une distance x donnée en aval du lieu du déversement peut être obtenu rapidement à l'aide de ce graphique.

Figure 11 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal. – Le modèle choisi pour évaluer la teneur en polluant en aval du lieu du déversement comporte un canal rectangulaire théorique de largeur L, ayant une hauteur d'eau h. Le rayon hydraulique r doit être connu pour calculer le coefficient de diffusion turbulente E. Le rayon hydraulique lui-même correspond au rapport de la surface de la section s mouillée (ou section de l'écoulement) au périmètre mouillé B. La figure 11 permet de déterminer le rayon hydraulique d'un canal à partir de la largeur de ce dernier et de la hauteur d'eau.

Figure 12 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique. – Les données connues sur le rayon hydraulique r et sur la vitesse moyenne de l'écoulement V permettent de déterminer le coefficient de diffusion turbulente E.

Figure 13 Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente. – Le nomogramme permet d'obtenir le facteur de conversion α; ce dernier est fonction du coefficient de diffusion turbulente E et du temps *t* requis pour atteindre un point situé en aval du lieu du déversement.

Figure 14 Delta en fonction de alpha. – Un second facteur de conversion, delta Δ , est requis pour évaluer la teneur en polluant en un point donné. Delta est fonction d'alpha et de la masse de liquide déversé.

Figure 15 Teneur maximale en fonction de delta. – Il s'agit de la dernière étape dans la détermination de la teneur maximale en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement. En se servant du facteur delta et connaissant la surface de la section mouillée s, le lecteur trouve rapidement la teneur. La valeur obtenue vaut pour les liquides miscibles à l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et pour les solides solubles dans l'eau; elle variera quelque peu dans le cas de polluants dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau.

5.4.2.2 Diffusion dans les lacs au repos et autres plans d'eau

Figure 16 Volume d'eau en fonction du rayon. – L'étendue d'eau calme (ni vent, ni courant) touchée par le déversement d'un liquide miscible à l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, est représentée par un cylindre théorique de rayon r et de «longueur» égale à la hauteur d'eau h à l'endroit où le déversement se produit. Le volume d'eau peut être obtenu à l'aide de la figure 16. Le rayon r équivaut à la distance x entre le lieu du déversement et le point où la teneur est mesurée.

Figure 17 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau. – Pour un volume d'eau connu du cylindre théorique, le nomogramme permet d'établir une teneur moyenne en polluant selon la masse de liquide déversé. Il est pris pour acquis que la diffusion du polluant est uniforme dans le cylindre. En pratique, dans le cas de substances dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau, la teneur réelle près du fond sera plus forte ou plus faible.

---

* Alpha et delta ne sont que des facteurs de conversion: leur utilité est de faciliter le calcul des teneurs en aval du lieu du déversement.

Figure 10

CHLORATE DE SODIUM

DISTANCE EN FONCTION DU TEMPS

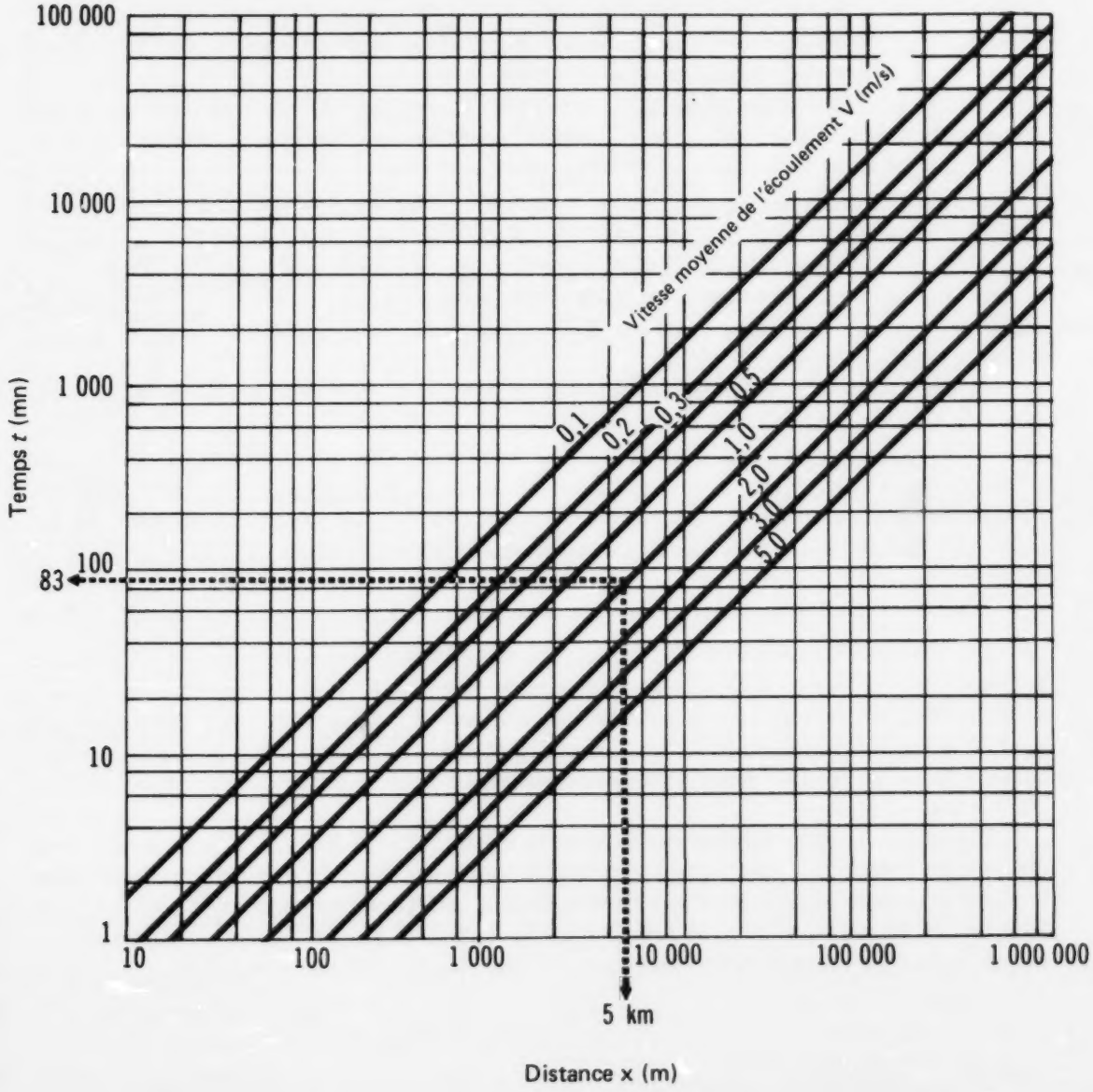


Figure 11

CHLORATE DE SODIUM

RAYON HYDRAULIQUE EN FONCTION DE LA LARGEUR DU CANAL

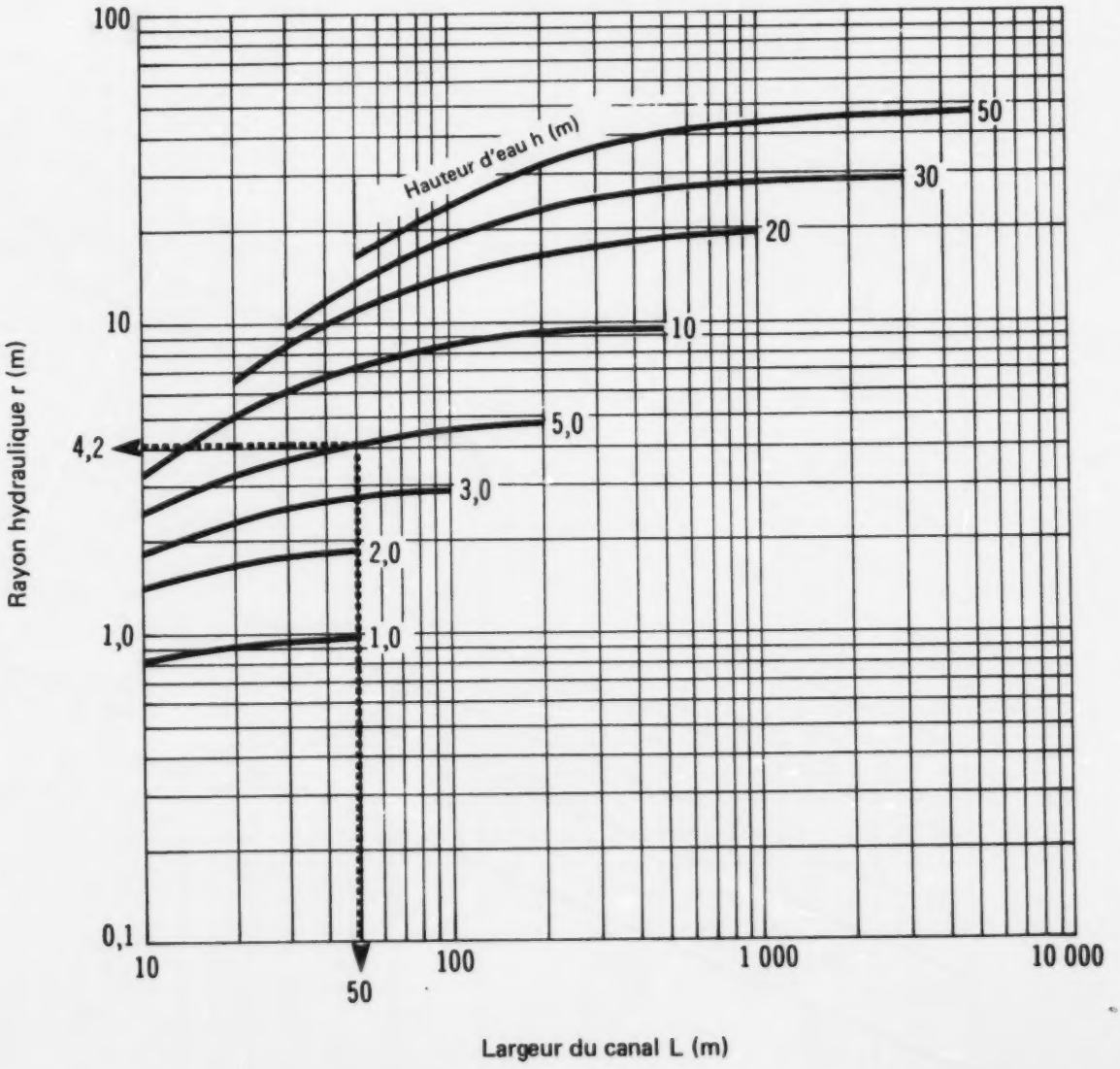


Figure 12

CHLORATE DE SODIUM

COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

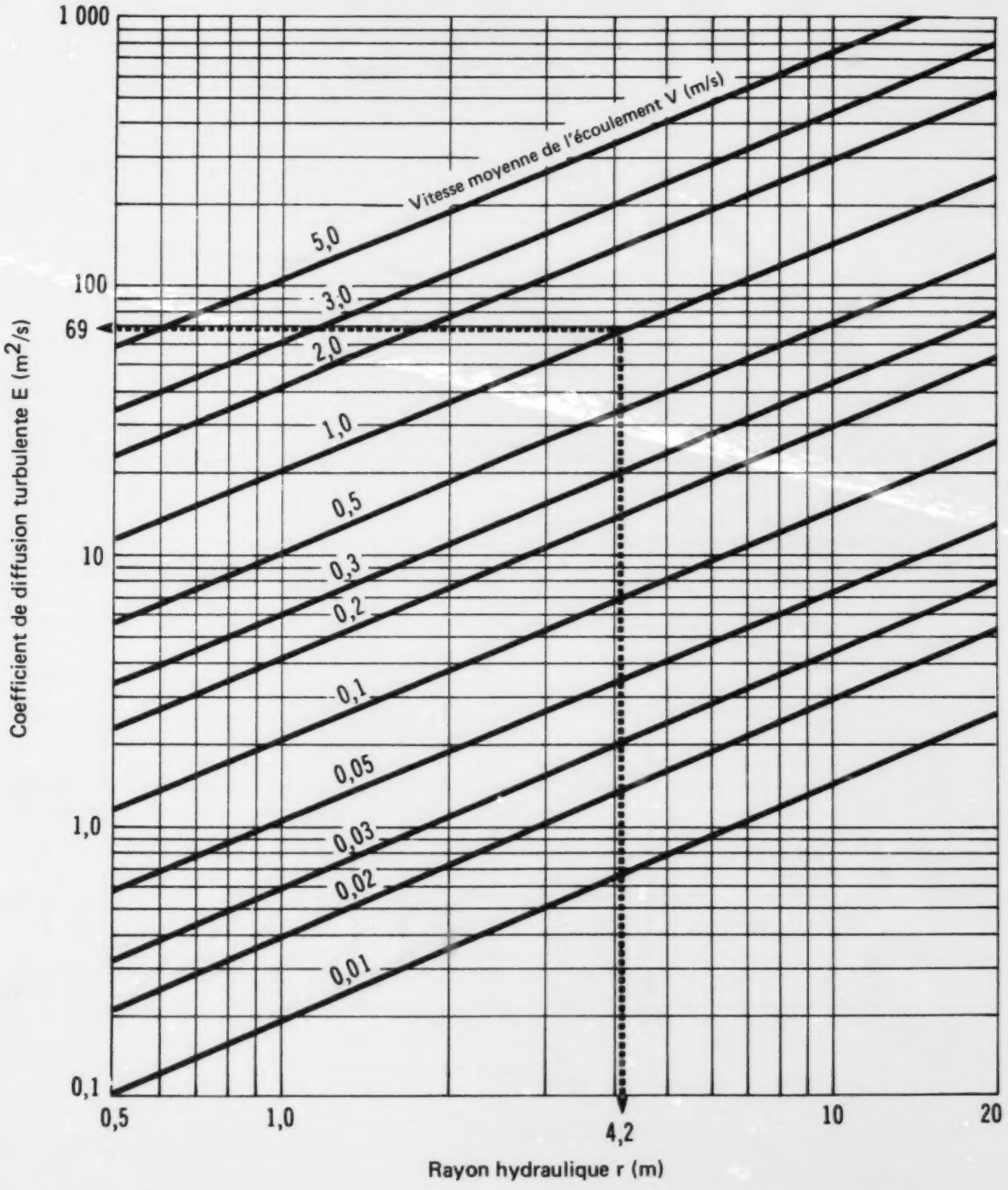


Figure 13

CHLORATE DE SODIUM

ALPHA
EN FONCTION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE

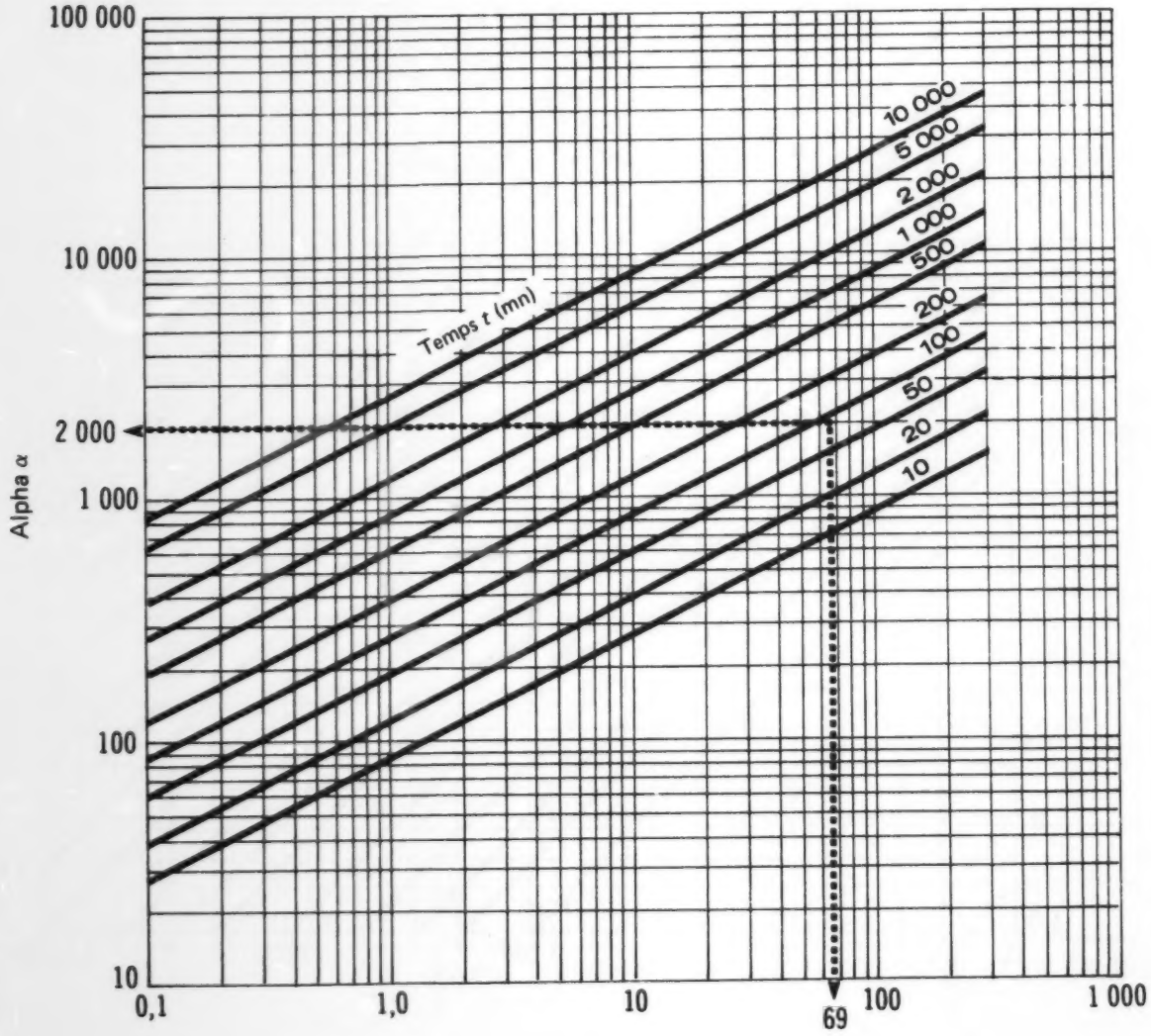


Figure 14

CHLORATE DE SODIUM

DELTA
EN FONCTION DE ALPHA

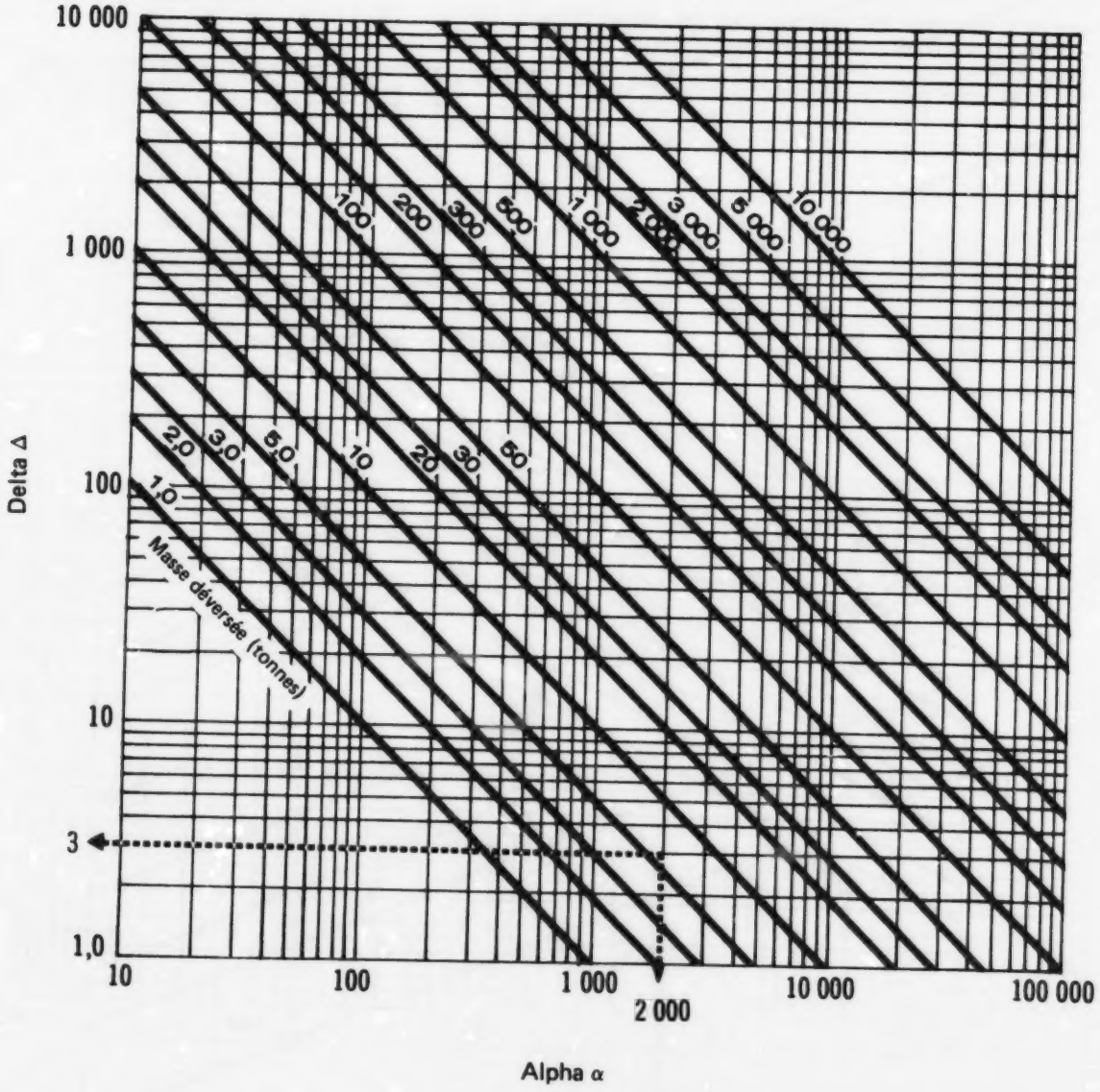


Figure 15

CHLORATE DE SODIUM

TENEUR MAXIMALE
EN FONCTION DE DELTA

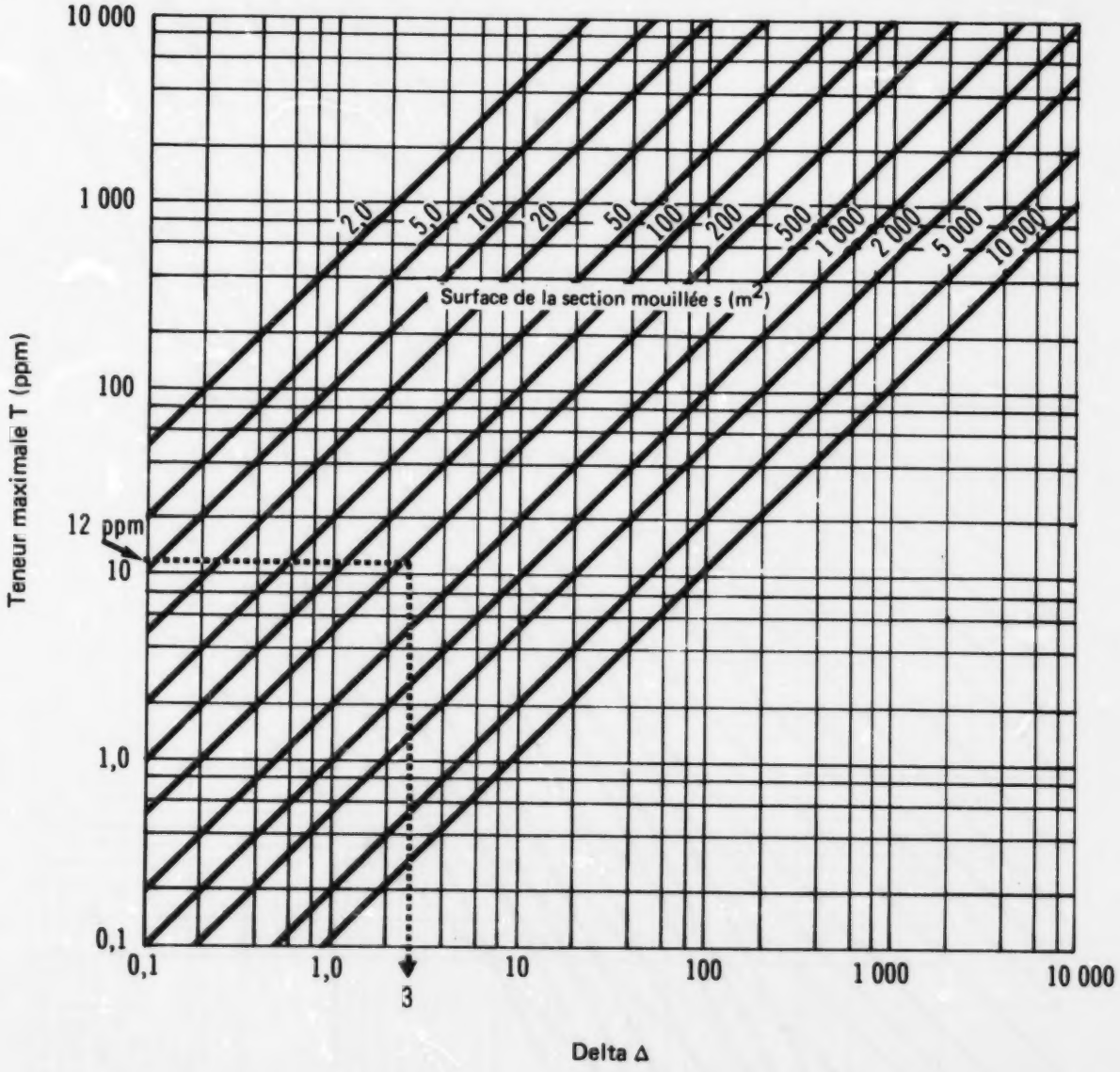


Figure 16

CHLORATE DE SODIUM

VOLUME D'EAU EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

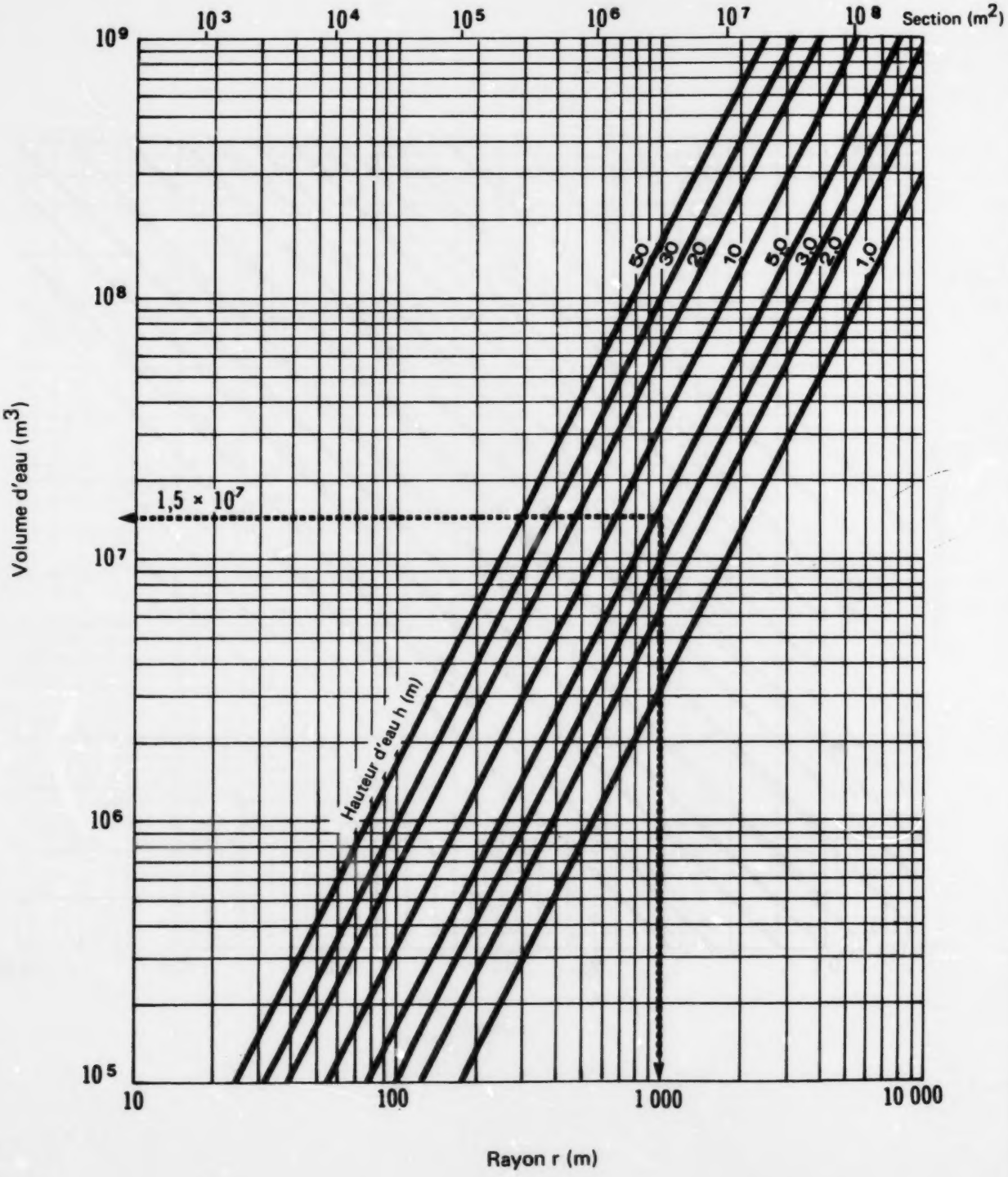
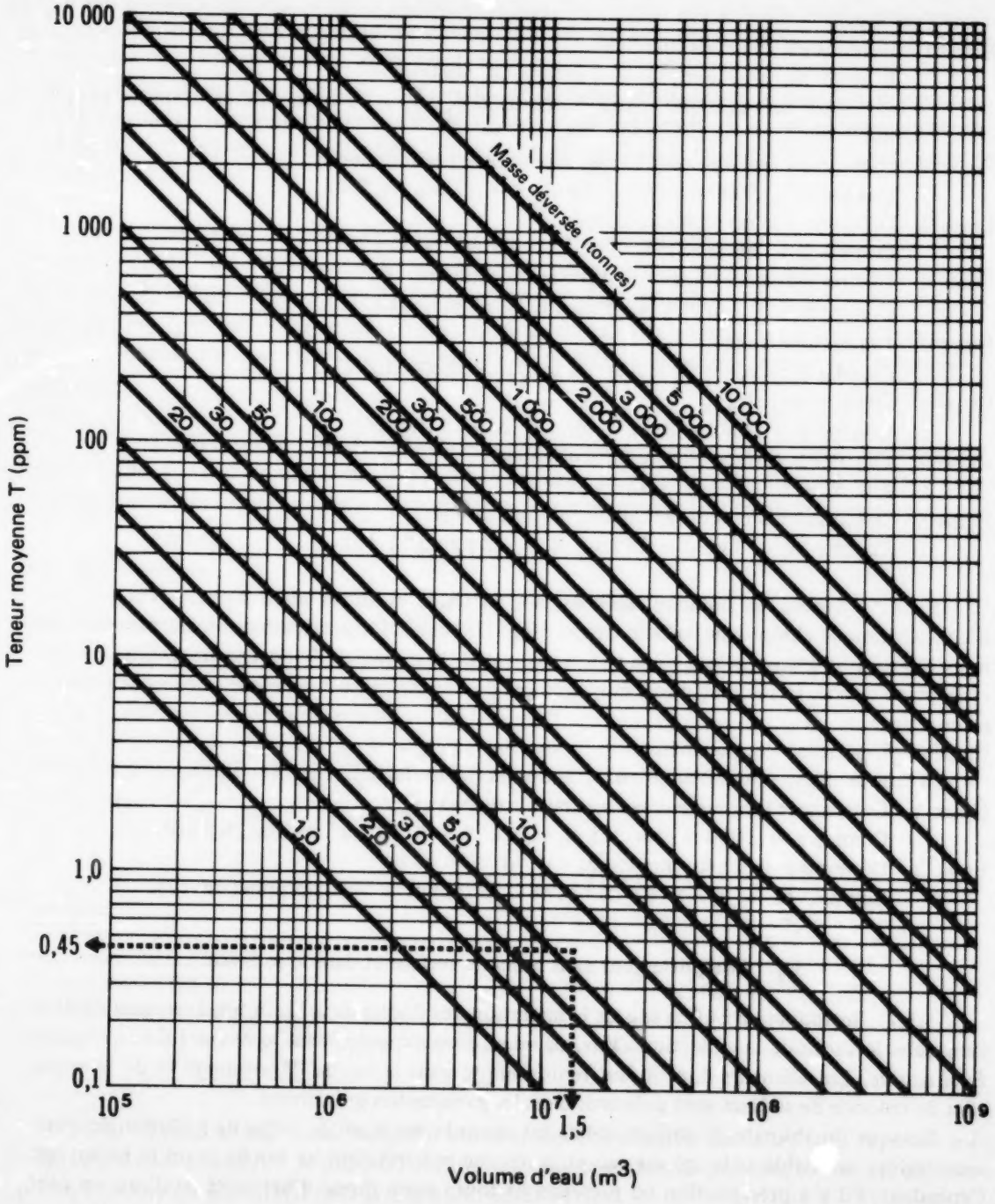


Figure 17

CHLORATE DE SODIUM

TENEUR MOYENNE
EN FONCTION DU VOLUME D'EAU



5.4.3 Exemple de calcul

5.4.3.1 Teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées. – Vingt tonnes d'une solution de chlorate de sodium titrant 30 p. 100 ont été déversées dans un cours d'eau. La hauteur d'eau h est de 5 m et la largeur L, de 50 m. La vitesse moyenne de l'écoulement est évaluée à 1 m/s. Quelle est la teneur maximale prévisible en un point situé à 5 km en aval, près d'une prise d'eau?

Étape 1 Déterminer les paramètres.
L = 50 m; h = 5 m; V = 1 m/s; x = 5000 m;
m = 20 tonnes d'une solution titrant 30 p. 100 = 6 tonnes de chlorate de sodium pur.

Étape 2 Déterminer le temps requis pour atteindre le point donné.
Comme x = 5000 m et V = 1 m/s, t = 83 mn (fig. 10).

Étape 3 Déterminer le rayon hydraulique.
Comme L = 50 m et h = 5 m, r = 4,2 m (fig. 11).

Étape 4 Déterminer le coefficient de diffusion turbulente.
Comme r = 4,2 m et V = 1 m/s, E = 69 m^2/s (fig. 12).

Étape 5 Déterminer alpha.
Comme E = 69 m^2/s et t = 83 mn, α = 2000 (fig. 13).

Étape 6 Déterminer delta.
Comme α = 2000 et m = 6 tonnes, Δ = 3 (fig. 14).

Étape 7 Calculer la surface de la section mouillée.
s = L x h = 50 x 5 = 250 m^2.

Étape 8 Déterminer la teneur maximale au point donné.
Comme Δ = 3 et s = 250 m^2, T = 12 ppm (fig. 15).

5.4.3.2 Teneur en polluant dans les lacs au repos et autres plans d'eau. – Vingt tonnes d'une solution de chlorate de sodium titrant 30 p. 100 ont été déversées dans un lac. Le point qui nous intéresse se trouve le long de la rive, à environ 1000 m du lieu du déversement. Entre ce lieu et le point donné, la hauteur d'eau moyenne est de 5 m. Quelle est la teneur moyenne prévisible en ce point?

Étape 1 Déterminer les paramètres.
h = 5 m; r = 1000 m; m = 6 tonnes (équivalence).

Étape 2 Déterminer le volume d'eau assurant la diffusion.
Comme r = 1000 m et h = 5 m, vol. = 1,5 x 10^7 m^3 environ (fig. 16).

Étape 3 Déterminer la teneur moyenne.
Comme vol. = 1,5 x 10^7 m^3 et m = 6 tonnes, T = 0,45 ppm (fig. 17).

5.5 Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol

5.5.1 Introduction. – Les lois de la migration des fluides dans le sol, ainsi que leur application dans le cadre de la collection «Enviroguide», sont exposées dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*. Les éléments dont il faut tenir compte dans le cas du déversement et de la migration du chlorate de sodium sont présentés dans les paragraphes qui suivent.

Lorsque du chlorate de sodium solide est répandu sur le sol, le risque de pollution des eaux souterraines est faible si le sol est sec et si aucune précipitation ne tombe avant le nettoyage. Cependant, s'il y a précipitation ou présence de toute autre forme d'humidité ou d'eau, on peut s'attendre que les eaux souterraines seront polluées.

Comme le chlorate de sodium est très soluble (95,7 g dans 100 ml à 20 °C), les solutions concentrées peuvent migrer dans le sol. Il peut y avoir interaction entre le fluide et le sol, probablement sous la forme d'échange d'ions. Cependant, la plus grande partie du sel ainsi que les ions échangés s'enfonceront dans le sous-sol. Si le sol de surface est saturé en eau au moment du déversement, comme ce pourrait être le cas après une pluie, le produit dissous dans les eaux de précipitation ruissellera. Dans la présente section, les auteurs ont attribué au sol une capacité normale d'humidité, dite capacité au champ. Le sol recèle alors très peu d'eau interstitielle susceptible de diluer le produit au cours de sa migration ou de freiner son mouvement descendant; il s'agit du pire cas possible. Au niveau de la nappe phréatique, le chlorate poursuit sa migration, cette fois dans la direction de l'écoulement souterrain. Il se forme une poche de pollution où la diffusion et la dispersion diminuent quelque peu la teneur. C'est ce que montre le schéma de la figure 18.

5.5.2 **Migration du polluant dans un sol à capacité au champ.** – Les équations et les postulats utilisés pour déterminer la migration du polluant dans la zone non saturée, jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*. Les vitesses de migration font intervenir la loi de Darcy, alors qu'on pose comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc (ou écoulement piston).

5.5.3 **Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant.** – Le coefficient de perméabilité K_0 (ou conductivité hydraulique) mesure la perméabilité d'un sol saturé donné vis-à-vis d'un fluide donné. K_0, qui s'exprime en m/s, est donné par la formule suivante:

$$K_0 = \frac{(\rho g)\, k}{\mu}$$

où: k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)
ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)
μ = viscosité absolue du fluide (Pa . s)
g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2

À cause de la dilution de la solution (précipitations dissolvant un solide), les valeurs attribuées aux paramètres qui influent sur la migration de la solution sont les mêmes que dans le cas de l'eau.

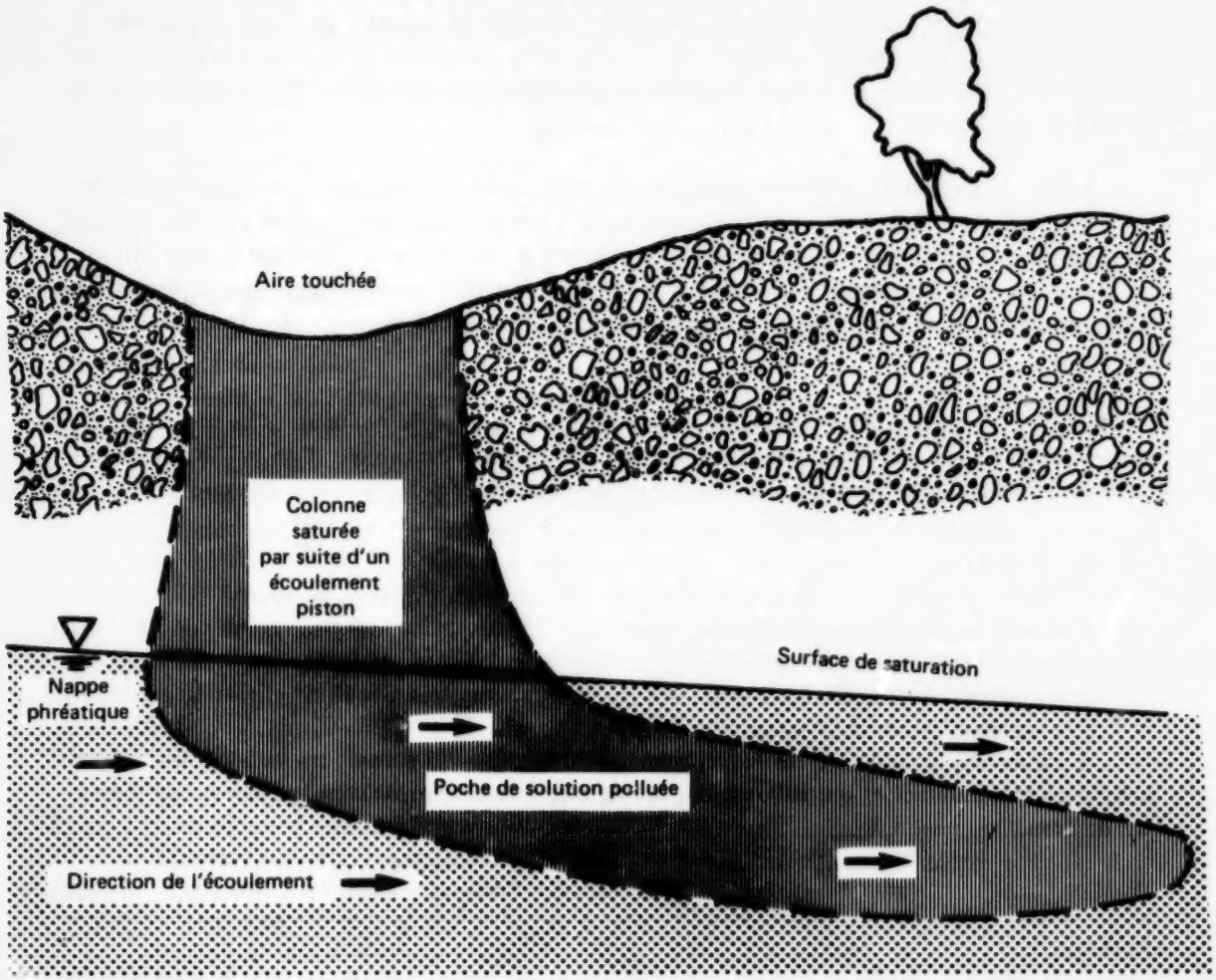
Valeurs établies pour le fluide

Paramètre	4 °C	20 °C
Masse volumique (kg/m^3)	1000	998
Viscosité absolue (Pa . s)	$1{,}57 \times 10^{-3}$	$1{,}0 \times 10^{-3}$
Coefficient de perméabilité du sol saturé (m/s)	$(0{,}62 \times 10^{7})k$	$(0{,}98 \times 10^{7})k$

5.5.4 **Types de sol.** – Le *Manuel d'introduction Enviroguide* décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-dessous présente les valeurs établies pour les propriétés qui influent sur la migration des fluides.

Figure 18

CHLORATE DE SODIUM — **MIGRATION DANS LE SOUS-SOL**



Sol: sable grossier
Porosité = 0,35
Perméabilité intrinsèque = 10^{-9} m^2
Capacité au champ = 0,075

Valeurs établies pour les sols

Propriété	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (m^3/m^3)	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ (m^3/m^3)	0,075	0,3	0,45

5.5.5 Nomogrammes de la migration. – Un nomogramme de la migration du chlorate de sodium dans la couche de sol non saturée (c.-à-d. à capacité au champ) située au-dessus de la nappe phréatique a été préparé pour chaque type de sol mentionné. Chaque nomogramme montre la hauteur totale de migration h_m en fonction du temps de migration pour un volume donné de fluide déversé au sein d'une colonne de sol d'une superficie donnée. Vu les méthodes utilisées et les hypothèses posées, la profondeur atteinte par le fluide après un temps donné doit être considérée comme maximale. Le lecteur trouvera à la figure 19 le plan d'utilisation des nomogrammes présentés aux figures 20 à 22.

5.5.6 Exemple de calcul. – Vingt tonnes de chlorate de sodium se sont répandues sur un sol constitué de sable limoneux. L'aire touchée a un rayon de 8,6 m. La température atteint 20 °C. Il s'est mis à pleuvoir avant que le nettoyage puisse commencer. Calculer la hauteur de migration atteinte par le fluide, 4 jours après le début de la pluie.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.
Masse de fluide déversée = 20 000 kg (20 tonnes)
Température = 20 °C
Rayon de l'aire touchée = 8,6 m
Type de sol = sable limoneux
Profondeur de la surface de saturation = 13 m
Temps écoulé depuis le moment du déversement = 4 j

Étape 2 Calculer la superficie de l'aire touchée par le fluide.
Aire = πr^2 = 232 m^2

Étape 3 Évaluer la hauteur de migration après 4 j.
Hauteur de migration = 3,4 m
(La surface de saturation n'est pas atteinte.)

Figure 19

CHLORATE DE SODIUM — **PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES**

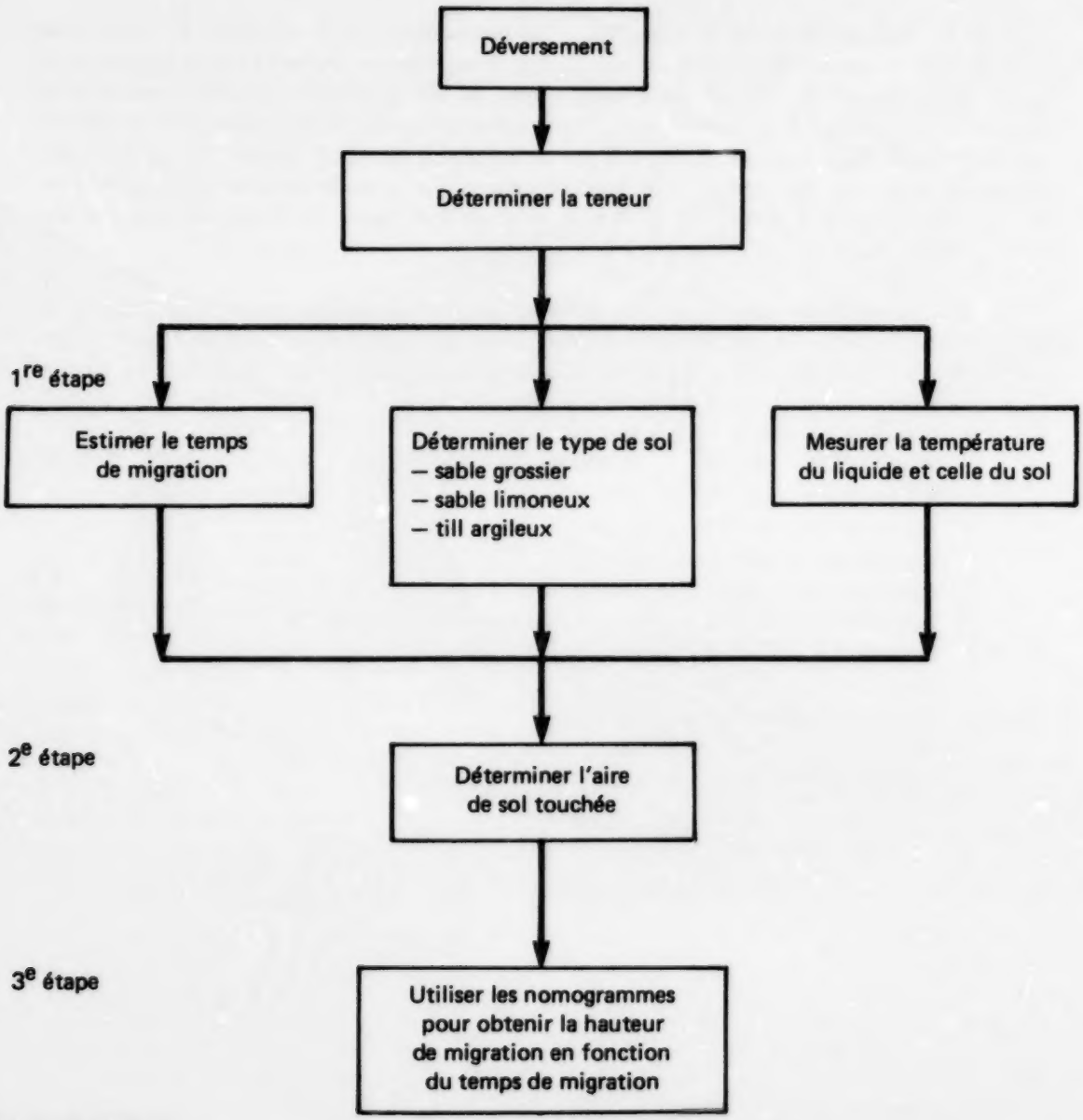


Figure 20

CHLORATE DE SODIUM — MIGRATION DANS UN SABLE GROSSIER

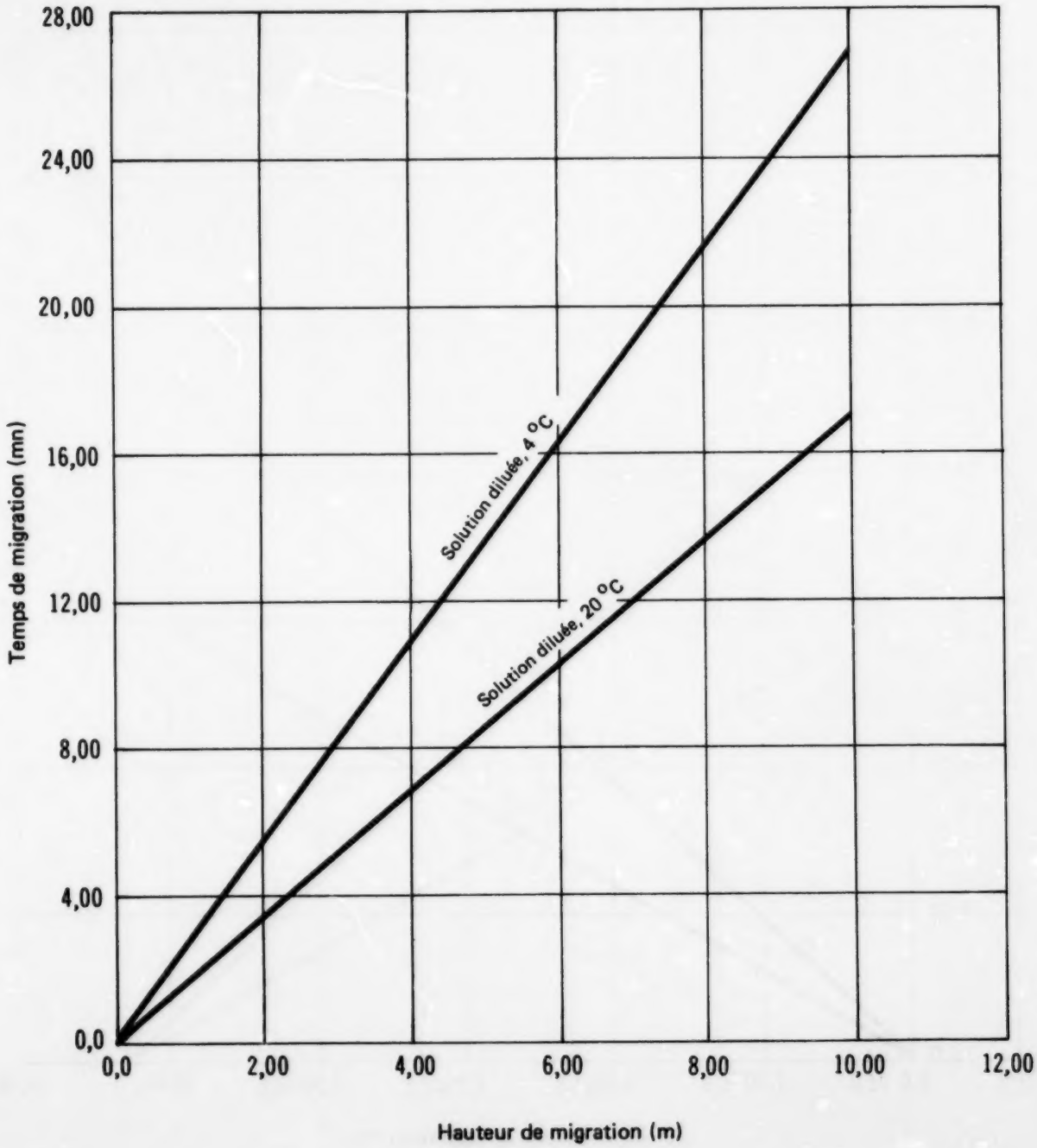


Figure 21

CHLORATE DE SODIUM — MIGRATION DANS UN SABLE LIMONEUX

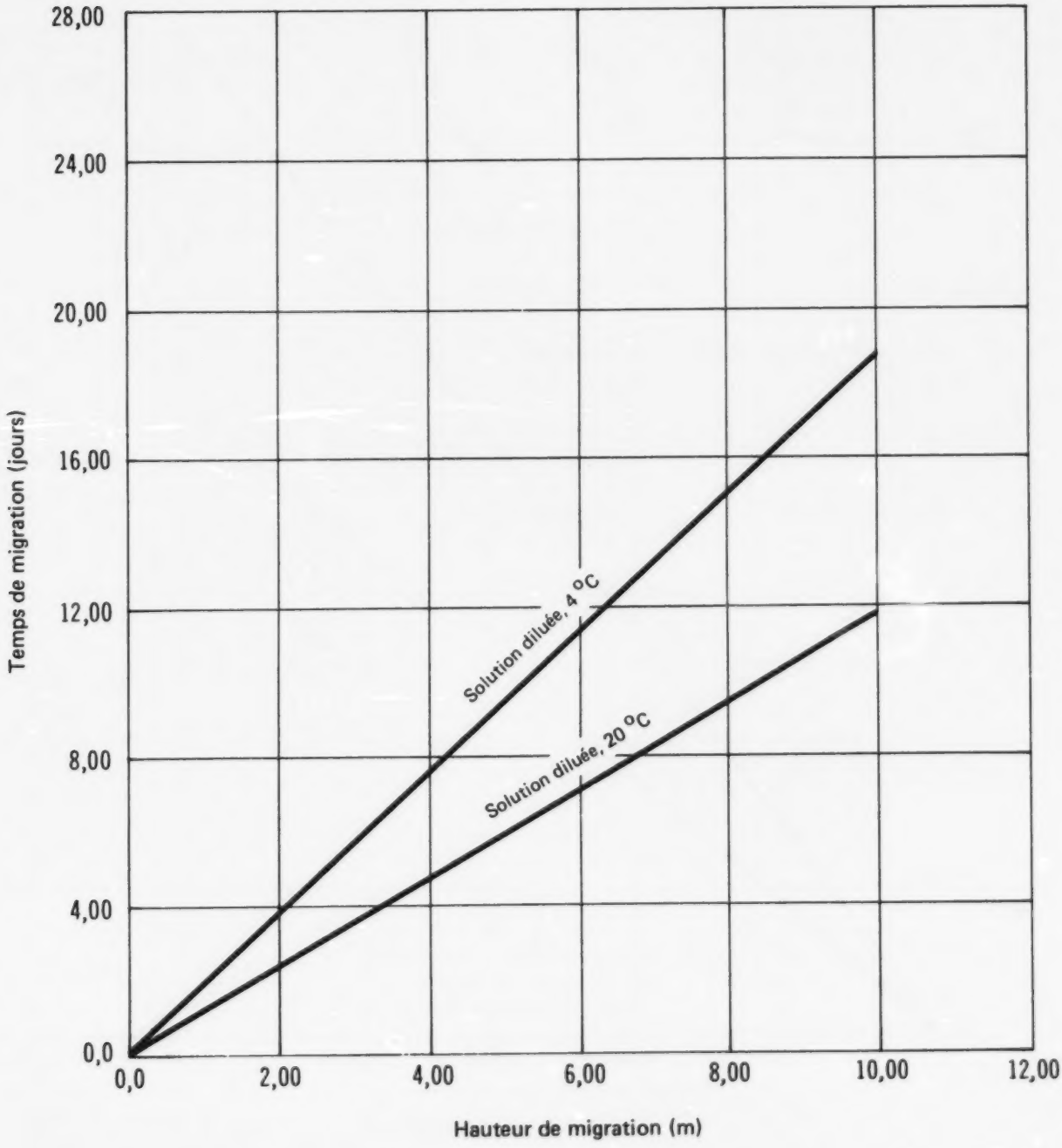
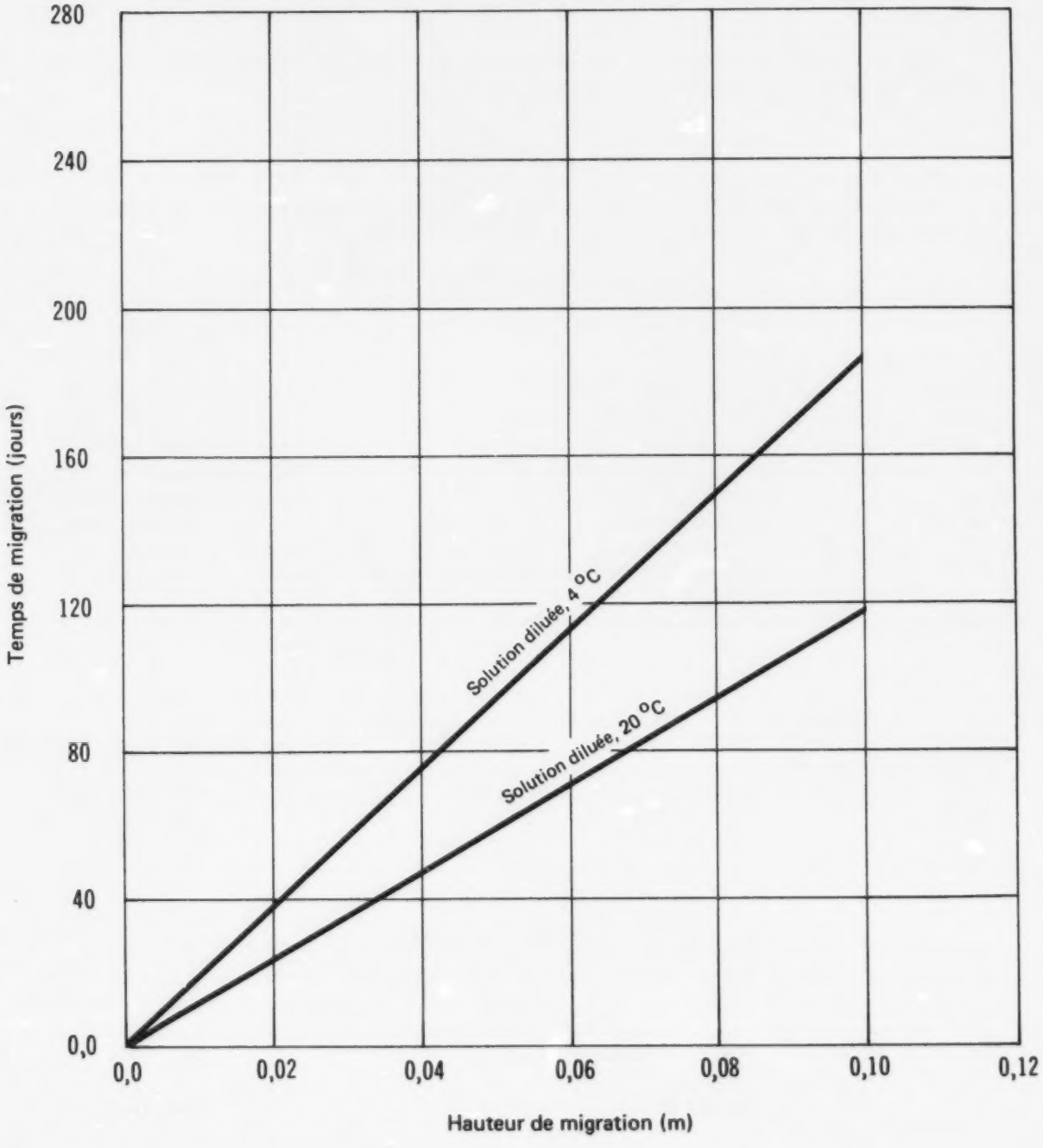


Figure 22

CHLORATE DE SODIUM — MIGRATION DANS UN TILL ARGILEUX



6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

6.1.1 Qualité de l'eau. – Au Canada, comme aux États-Unis, il n'existe aucune réglementation en ce qui concerne la teneur de l'eau en chlorate de sodium.

6.1.2 Qualité de l'air. – Au Canada, comme aux États-Unis, la teneur en chlorate de sodium de l'air ne fait l'objet d'aucune réglementation.

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Évaluation de la toxicité aux U.S.A. – La TLm 96 du chlorate de sodium est supérieure à 1000 ppm (RTECS, 1979).

6.2.2 Mesures de la toxicité

Toxicité pour les poissons

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultats	Conditions	Source
3157	24	Barbue de rivière	Teneur létale 50		Pimental, 1971
4200	24	Truite arc-en-ciel	Teneur létale 50		Pimental, 1971
2750	48	Truite arc-en-ciel	Teneur létale 50	Test statique	WQCDB, 1971
8600	24	Poisson arlequin (*Rasbora*)	Teneur létale 50	Test statique	Pimental, 1971
1750	96	Truite arc-en-ciel	Teneur létale 50	pH 6, 3, Dureté 3, 6, 15 °C	Beech, 1983
13 000	Non précisée	Ablette	Seuil de toxicité	Test statique, eau du robinet	Shifrer, 1974
11 000	Non précisée	Perche	Seuil de toxicité	Test statique, eau du robinet	WQC, 1963
1000	120	Poisson doré	Sans danger		WQC, 1963
18 000	3,4 à 4,5	Tête-de-boule	Teneur létale 50	16 à 28 °C	Shifrer, 1974
24 000	1,1 à 1,3	Tête-de-boule	Teneur létale 50	16 à 23 °C	Shifrer, 1974

Toxicité pour les micro-organismes

Teneur (mg/l)	Durée	Espèce	Résultats	Conditions	Source
3,8	Non précisée	Algue (*Scenedesmus*)	Seuil		WQC, 1963
5,1	Non précisée	Bactérie (*E. coli*)	Seuil		WQC, 1963

Toxicité pour les invertébrés

Teneur (mg/l)	Durée	Espèce	Résultats	Conditions	Source
4240	Non précisée	*Daphnia magna*	Seuil toxique		WQC, 1963
16 000		Planaire (*Polycelis nigra*)	Seuil toxique		WQC, 1963

6.3 Toxicité pour les mammifères

La dose létale 50 du chlorate de sodium, après ingestion, est supérieure à 5000 mg/kg de poids corporel (WQCDB-2, 1971).

6.4 Toxicité pour les oiseaux

Les poulets exposés à des doses sublétales perdent du poids; leur fertilité est diminuée (OHM-TADS, 1981).

6.5 Autre toxicité dans l'air et sur terre

Le chlorate de sodium sert d'herbicide; il est toxique pour les plantes, les algues et les bactéries (OHM-TADS, 1981).

6.6 Études sur les effets toxiques

L'effet du chlorate de sodium sur les communautés fluviatiles a été étudié jusqu'à des teneurs de 57,2 mg/l; aucun effet notable n'a été observé (Matida, 1975).

6.7 Dégradation du polluant

On ne dispose d'aucune donnée sur la dégradation. Le chlorate de sodium n'exerce aucune DBO ni DCO, étant un oxydant énergique, non rémanent dans les milieux à forte teneur en matières organiques.

6.8 Devenir et effets à long terme

Sur le sol, le chlorate de sodium peut persister plus d'un an; toutefois, il ne persistera pas dans les sols à forte teneur en matières organiques, à cause de ses fortes propriétés oxydantes (OHM-TADS, 1981).

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

Nous avons trouvé très peu de renseignements sur la toxicité du chlorate de sodium absorbé autrement que par voie orale. Aucune publication récente ne traite de façon générale de sa toxicité et on ne connaît pas sa TLV®. Nous n'avons trouvé aucune information concernant ses pouvoirs cancérogène, mutagène ou tératogène. Les données toxicologiques présentées ci-dessous ont été tirées de sources reconnues et fiables. Seules les données relatives à l'exposition aiguë (à court terme) sont indiquées pour les mammifères autre que l'homme, pour aider à interpréter les données applicables à ce dernier, s'il y a lieu.

7.1 Normes d'exposition

Nous n'avons trouvé aucune norme recommandée d'exposition au chlorate de sodium.

Toxicité pour l'homme

Teneur	Effets	Source
50 à 500 mg/kg	Dose létale probable	TDB (on-line), 1981
214 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979
185 mg/kg	Dose létale 50 (enfant)	RTECS, 1979

7.2 Données sur les propriétés irritantes

7.2.1 Contact avec la peau

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
Non précisée	Irritation de la peau	ITII, 1981
Non précisée	Difficilement absorbé par la peau	TDB (on-line), 1981
• CHEZ LE LAPIN		
500 mg (24 h)	Irritation bénigne	RTECS, 1979

7.2.2 Contact avec les yeux

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
Non précisée	Conjonctivite	ITII, 1980
• CHEZ LE LAPIN		
10 mg	Irritation bénigne	RTECS, 1979

7.3 Données sur les propriétés organoleptiques

7.3.1 Odeur. – Le chlorate de sodium est un composé inodore (AAR, 1981).

7.3.2 Saveur. – Le chlorate de sodium a une saveur fraîche et saline (AAR, 1981).

7.4 Études sur les effets toxiques

7.4.1 Inhalation

Exposition	Effets	Source
	Exposition de courte durée	
• CHEZ L'HOMME		
Non précisée	Peut causer l'irritation locale de la peau et des muqueuses	TDB (on-line), 1981

7.4.2 Ingestion

Exposition	Effets	Source
	Exposition de courte durée	
• CHEZ L'HOMME		
2 g	Létal pour l'enfant d'un an	TDB (on-line), 1981
800 mg/kg	Dose toxique minimale (femme)	RTECS, 1979
185 mg/kg	Dose létale 50 (enfant)	RTECS, 1980
• CHEZ LE BÉTAIL		
5000 mg/kg	Dose létale 50	TDB (on-line), 1981
• CHEZ LE CHIEN		
700 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979
• CHEZ LE CHAT		
1350 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979
• CHEZ LE LAPIN		
8000 mg/kg	Dose létale minimale	RTECS, 1979
• CHEZ LE RAT		
1200 mg/kg	Dose létale 50	RTECS, 1979

7.4.3 Mutagénicité, carcinogénicité et tératogénicité. – Aucune donnée n'a été obtenue.

7.5 Symptômes et conséquences de l'intoxication

Aucune référence n'est donnée pour les symptômes de nature générale mentionnés dans la plupart des documents consultés. Seuls les symptômes ou troubles de nature particulière ou inhabituelle sont suivis d'une indication de source.

7.5.1 Inhalation (de poussières)

1. Irritation des muqueuses (TDB (on-line), 1981)
2. Respiration difficile (AAR, 1981)
3. Insuffisance respiratoire possible (AAR, 1981)

7.5.2 Ingestion

1. Douleurs gastro-entériques (CHRIS, 1978)
2. Nausées
3. Vomissements
4. Diarrhée
5. Dyspnée (TDB (on-line), 1981)
6. Cyanose
7. Hémolyse (TDB (on-line), 1981)
8. Augmentation du taux d'urée dans le sang (TDB (on-line), 1981)
9. Néphrite aiguë
10. Anurie
11. Lésions rénales (CHRIS, 1978)
12. Lésions hépatiques (CHRIS, 1978)
13. Convulsions (TDB (on-line), 1981)
14. Coma (TDB (on-line), 1981)
15. Mort

7.5.3 Contact avec la peau

1. Inflammation (CHRIS, 1978)

7.5.4 Contact avec les yeux

1. Irritation (CHRIS, 1978)
2. Conjonctivite (ITII, 1981)

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité entre le chlorate de sodium et divers agents

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Sources
En général														
Chaleur		●	●										Formation de mélanges explosifs et inflammables avec les matières combustibles et organiques, lorsqu'il est chauffé.	NFPA, 1978
Feu		●	●			●							Les récipients peuvent exploser au feu.	NFPA, 1978
Corps														
Acide sulfurique		●	●											Bretherick, 1979
Aluminium (en poudre)			●										Explosion possible sous l'effet de la chaleur ou de la friction	NFPA, 1978
Arsenic (finement divisé)			●										Explosion possible sous l'effet de la chaleur ou de la friction; les métaux tels que le cadmium, le magnésium ou le zinc peuvent être nécessaires à la réaction.	NFPA, 1978
Bioxyde de manganèse	●		●										Libération possible d'oxygène	NFPA, 1978
Bis (trichloro-méthyle)-1, 3 benzène										●				Bretherick, 1979
Bois		●	●											Bretherick, 1979

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Sources
Carbone (finement divisé)			●										Explosion possible sous l'effet de la chaleur ou de la friction; les métaux tels que le magnésium, le zinc ou le cadmium peuvent être nécessaires dans le mélange.	NFPA, 1978
Charbon de bois		●												NFPA, 1978
Cuir			●										Explosion par étincelle ou friction, lorsque sec	Bretherick, 1979
Cuivre (finement divisé)			●										Explosion possible sous l'effet de la chaleur et de la friction; des métaux tels que le magnésium, le zinc ou le cadmium peuvent être nécessaires dans le mélange.	NFPA, 1978
Cyanure de potassium			●										Lorsque chauffé	NFPA, 1978
Graisse			●											Bretherick, 1979
Matière organique		●											Dangereux si plus de 10 p. 100 de chlorate de sodium sont présents.	Bretherick, 1979
Nitrobenzène			●										Explosion violente	Bretherick, 1979
Osmium										●			À hautes températures	Bretherick, 1979
Phosphinate de sodium			●			●								Bretherick, 1979
Phosphore blanc			●										Explosion violente	NFPA, 1978
Phosphore rouge			●											Bretherick, 1979
Sulfure d'antimoine			●										Réaction accompagnée d'incandescence et possiblement	NFPA, 1978

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Sources
													explosive; les métaux tels que le cadmium, le magnésium ou le zinc peuvent être nécessaires à la réaction.	
Soufre	●		●										Libération d'oxygène; la réaction peut exiger la présence de chlorates métalliques.	NFPA, 1978
Thiosulfate d'ammonium			●			●								NFPA, 1978
Trioxyde d'arsenic		●											Mélange spontanément inflammable	NFPA, 1978
Trioxyde de diarsenic		●											Inflammation au contact	Bretherick, 1979
Zinc (en poudre)			●										Explosion possible sous l'effet d'une percussion	NFPA, 1978
Groupes de corps														
Acides forts			●			●								CCPA, 1983
Acides organiques (dibasiques)			●										Au chauffage, du dioxyde de chlore explosif est dégagé; des chlorates métalliques peuvent être nécessaires pour produire les réactions.	NFPA, 1978
Thiocyanates			●										Explosion des mélanges à la température de 390 °C ou au contact d'une flamme ou d'une étincelle; des chlorates métalliques peuvent être nécessaires pour déclencher la réaction.	NFPA, 1978

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Sources
Diols (Alcènes)			●											Bretherick, 1979
Matière organique		●											Inflammation qui peut être spontanée ou se produire sous l'effet de la friction ou d'une percussion.	NFPA, 1978; Bretherick, 1979
Matières agricoles	●												Par exemple, tourbe, sciure, pesticides	Bretherick, 1979
Poudres métalliques		●	●										Feu et explosion possible, dans le cas de certains métaux	Bretherick, 1979
Réducteurs			●							●				EPA, 600/2-80-076
Sels ammonicaux		●	●			●								Bretherick, 1979
Sulfures métalliques			●										Explosion possible sous l'effet de la chaleur ou de la friction; toutefois, le cadmium, le magnésium ou le zinc peuvent être nécessaires pour déclencher la réaction.	NFPA, 1978

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les brefs exposés qui figurent dans la présente section sont repris des ouvrages sur lesquels a porté notre enquête bibliographique. Leur formulation d'origine a été respectée pour éviter toute déformation de sens; ce faisant, il a été impossible d'empêcher que n'apparaissent des contradictions entre les sources d'information. Toutefois, les contradictions touchant certaines mesures qui s'appliquent à des cas particuliers ne sont qu'apparentes, l'information pouvant être correcte ou non selon la situation. La mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 Danger d'incendie. – Le chlorate de sodium est un comburant non combustible, mais énergique (NFPA, 1978; Hooker PIM, 1977). Les mélanges intimes de ce corps avec les matières organiques qui peuvent être oxydées constituent des risques d'incendie et d'explosion. Imprégnées de solutions de chlorate, les matières combustibles qu'on laisse sécher peuvent être allumées par friction ou par toute autre cause d'inflammation. Les acides forts et les chlorates peuvent réagir, en produisant du dioxyde de chlore, gaz qui explose spontanément à teneur élevée (MCA, 1952). Dans un incendie, les récipients peuvent exploser (NFPA, 1978). On ne devrait jamais laisser les solutions de chlorate de sodium sécher sur les vêtements ou les chaussures. L'inflammation peut être si rapide que l'extinction sera impossible (CCPA, 1983).

9.1.2 Moyens d'extinction. – Le seul agent d'extinction efficace est l'eau. La neige carbonique, les poudres chimiques et les autres agents à action d'étouffement sont inefficaces (Hooker PIM, 1977). Pour empêcher la rupture ou l'explosion des récipients exposés au feu, les refroidir au moyen d'un jet d'eau. Si on peut le faire sans danger, les enlever des lieux du sinistre. Dans le cas d'un incendie de grande surface, recourir à des lances-tourelles ou à des lances sur affût télécommandées (ERG, 1980).

9.1.3 Mesures d'intervention en cas de déversement

9.1.3.1 Information générale. – Éliminer toutes les sources d'inflammation. Porter des vêtements de caoutchouc. Laver ou brûler tous les vêtements souillés qui ne sont pas de caoutchouc.

9.1.3.2 Déversement sur le sol. – Si du chlorate de sodium est répandu sur des planches ou des surfaces en bois, il faut l'enlever à l'état sec, au balai ou à l'aspirateur. Ne pas utiliser d'eau pour laver les planchers de bois, ce qui pourrait les imprégner de chlorate (MCA, 1952). Cependant, après avoir récupéré tout ce qu'on peut du chlorate solide, on devrait laver la surface à l'eau pour faire en sorte qu'il ne subsiste pas de produit qui pourrait pénétrer dans le bois (CCPA, 1983).

Si le chlorate a été répandu sous forme solide, le ramasser à la pelle (en évitant de disperser les poussières) et le mettre dans des récipients (incombustibles, métalliques de préférence) à couvercle, en vue de la récupération ou de l'élimination (Olin MSDS, 1980). On recommande aussi, comme produit ignifuge, le carbonate de sodium, le borax ou le chlorure de calcium (Kerr-McGee MSIS, 1978). Après avoir recueilli le plus possible de matière solide, passer les lieux à grande eau.

Dans le cas de solutions répandues, confiner si c'est possible au moyen de barrières mécaniques ou chimiques (EPA, 670/2-75-042). Enlever le plus de matières possible au moyen de pompes ou de dispositifs d'aspiration (Erco MDS). Laver la zone touchée à grande eau pour diluer fortement le peu du chlorate qui subsiste.

9.1.3.3 **Déversement dans l'eau.** – Confiner, si c'est possible (EPA, 670/2-75-042). On peut traiter toute eau polluée en ajoutant de forts volumes de solutions réductrices concentrées (hypo-, bisulphite ou sel ferreux, puis acidifier avec de l'acide sulfurique 3 *M*). Lorsque la réduction est complète, neutraliser avec du carbonate de sodium anhydre ou de l'acide chlorhydrique dilué, selon le pH (OHM-TADS, 1981).

9.1.4 **Élimination du polluant.** – Ne jamais rejeter le chlorate de sodium résiduaire directement à l'égout ou dans les eaux de surface. Après le traitement, soit sur les lieux du déversement ou dans une installation à cette fin, on peut éliminer les boues résiduaires dans une décharge sûre.

9.1.5 **Appareils et vêtements de protection.** – Avant d'entrer dans une zone où ni le produit déversé ni ses propriétés ne sont connus, il faut revêtir un scaphandre résistant aux agents chimiques et porter un appareil respiratoire autonome. S'il s'avère que le produit déversé est du chlorate de sodium:

- Des lunettes monocoques de sécurité, des vêtements imperméables et un appareil respiratoire autonome devraient être portés (Erco TERP, 1979);
- Pour les gants, les bottes, les pantalons et les vestes, le néoprène et le caoutchouc sont recommandés (Erco TERP, 1979);
- Le cuir n'est pas recommandé pour les vêtements de protection ni pour les chaussures (Hooker PIM, 1977; Kirk-Othmer, 1979);
- Un vêtement souillé doit être gardé mouillé jusqu'à ce qu'il puisse être lavé en toute sécurité (Kerr-McGee MSIS, 1978). On doit porter du linge propre, facilement lavable, qu'on enlève après utilisation (Hooker PIM, 1977). Tous les vêtements doivent être lavés ou brûlés après contact avec le chlorate de sodium (CCPA, 1983);
- On doit trouver sur les lieux de l'intervention ou dans les ateliers de travail des bains oculaires automatiques et des douches à fort débit, d'accès facile (Hooker PIM, 1977).

9.1.6 **Entreposage.** – Manutentionner et garder au frais et au sec dans une construction résistante au feu. Le chlorate de sodium devrait être utilisé directement à même le récipient, et ce dernier devrait toujours être fermé de façon étanche lorsqu'il ne sert pas. Ne pas faire glisser les fûts sur le sol. Le local doit rester propre, pour empêcher toute pollution si du chlorate est renversé.

Éviter le contact avec les matières organiques et combustibles, les acides et les réducteurs, sources possibles d'une explosion et d'un feu intense. Défense absolue de fumer, de produire des étincelles ou de permettre une flamme nue dans tout endroit où on manutentionne du chlorate de sodium (Kerr-McGee MSIS, 1978).

10 CAS D'EXPLOSIONS ACCIDENTELLES

Le présent chapitre expose des cas d'accident. Il donne des renseignements qui permettent au lecteur de mieux comprendre la nécessité des règles de sécurité à suivre pour l'entreposage du chlorate de sodium. Les cas rapportés ici ont été choisis en fonction de certains critères; il ne faudrait pas voir dans le nombre de cas décrits une indication relative à l'ampleur ou à la fréquence des accidents.

Lorsqu'il y aura une nouvelle édition du présent guide, les auteurs procéderont à une mise à jour qui permettra d'intégrer au présent chapitre toute nouvelle information pertinente qui rendra compte du progrès des techniques de sécurité.

10.1 Explosions dues au chlorate de sodium (TW, 1983)

Il y a eu de nombreuses explosions dues au chlorate de sodium. En 1983, du chlorate stocké dans un entrepôt de Salford, près de Manchester, en Angleterre, a explosé et provoqué un gros incendie. Le produit était stocké en présence de xylène (ce qui est à déconseiller), et l'explosion (dont l'origine précise est inconnue) a projeté des poussières à 10 km de distance. Le bruit a été entendu à 25 km et 2000 personnes ont dû être évacuées. En 1980, une explosion de chlorate de sodium a détruit un entrepôt, à Barking, à East London, causant des dommages considérables et forçant l'évacuation de 7000 personnes. En janvier 1977, dans un entrepôt en feu, du goudron en combustion est entré en contact avec 67 tonnes de chlorate de sodium en fûts. La force de l'explosion a été équivalente à celle de 500 kg (1100 lb) de TNT, et des débris ont été retrouvés à 6 km de distance. Les dommages se sont élevés à environ 12 000 000 $ et 12 personnes ont été blessées. Ces accidents montrent la nécessité des précautions à prendre pour le stockage et la manutention du chlorate de sodium.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DU POLLUANT

Les méthodes d'analyses utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyse d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées, et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association, de l'American Society for Testing and Materials et de l'American National Standards Institute.

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

11.1 Dosage du polluant présent dans l'air (analyse quantitative)

11.1.1 Spectrophotométrie d'absorption atomique (NIOSH, 1979). – La méthode permet le dosage du chlorate de sodium, en tant que sodium, dans la gamme de 2,1 à 42 g/m^3 (de 0,5 à 9,6 parties par milliard) (10^{-9}).

Un volume connu d'air est aspiré au travers d'un filtre d'ester de cellulose de 37 mm de diamètre à ouvertures de 0,8 μ, logé dans une cassette porte-filtre à deux éléments. On recommande de prélever un échantillon de 180 l, au débit de 1,5 l/mn.

Le filtre est déposé dans un bécher propre de 125 ml, dans lequel on verse 6,0 ml d'acide nitrique concentré. Le bécher est couvert d'un verre de montre et son contenu est chauffé à 165 °C sur une plaque chauffante, dans une hotte. On poursuit le chauffage jusqu'à dissolution du filtre et coloration à peine jaune de la solution. Lorsque la minéralisation est complète, comme l'indique la limpidité de la solution, on rince le verre de montre avec de l'acide nitrique à 10 p. 100 en recueillant les rinçures dans le bécher. On évapore ensuite la solution jusqu'à siccité, sur bain d'eau.

On ajoute 5 ml d'acide nitrique à 10 p. 100 au bécher et on chauffe la solution pendant 5 mn à 100 °C. On transvase la solution dans une fiole jaugée de 10 ml. On ajoute 0,2 ml de lanthane (50 mg/ml), puis on ajuste au trait de jauge avec de l'acide nitrique à 10 p. 100.

Deux millilitres de l'échantillon sont aspirés dans la flamme d'un spectrophotomètre d'absorption atomique convenable, équipé de brûleurs air-acétylène et oxyde de diazote-acétylène, d'une lampe au deutérium à cathode creuse, de régulateurs à deux degrés pour l'air, l'acétylène et l'oxyde de diazote, ainsi que d'une bande chauffante et d'un rhéostat pour la régulation de l'oxyde de diazote.

L'absorption est déterminée à 589,6 nm; la teneur, au moyen d'une courbe d'étalonnage.

11.2 Identification du polluant présent dans l'air (analyse qualitative)

Le chlorate peut être décelé en tant que sodium, par un test de coloration de flamme. L'échantillon est prélevé et minéralisé, comme on le décrit en 11.1.1. Un fil de platine propre est plongé dans l'échantillon, puis dans la partie la plus chaude de la flamme d'un brûleur Bunsen. Une flamme intense, d'un jaune brillant, indique la présence de sodium (Welcher, 1955).

11.3 Dosage du polluant présent dans l'eau (analyse quantitative)

11.3.1 Photométrie de flamme (ASTM, 1979). – La méthode permet de doser le chlorate en tant que sodium à des teneurs supérieures à 1 mg/l (ppm) en chlorate de sodium.

Dans un récipient approprié, on recueille au moins 2 l d'un échantillon représentatif. Une prise d'essai convenable est atomisée dans la flamme d'un photomètre de flamme convenable, et on détermine l'intensité de l'émission à 589 nm. La teneur est déterminée graphiquement, au moyen d'une courbe d'étalonnage.

11.4 Identification du polluant présent dans l'eau (analyse qualitative)

Les teneurs élevées en chlorate de sodium en tant que sodium peuvent être décelées par un test de coloration de flamme. L'échantillon est prélevé comme en 11.3.1. Un fil de platine propre est plongé dans l'échantillon, puis dans la partie la plus chaude d'un brûleur Bunsen. Une flamme intense, jaune clair, indique la présence de sodium (Welcher, 1955).

11.5 Dosage du polluant présent dans le sol (analyse quantitative)

11.5.1 Photométrie de flamme (Hesse, 1972). – Selon le volume de l'extrait atomisé dans le photomètre, on peut mesurer une gamme variable de teneurs en chlorate de sodium en tant que sodium.

Cinq grammes de sol exactement pesés, préalablement tamisés sur un tamis à ouverture de 2 mm sont déposés dans un tube à centrifuger étroit de 50 ml. On y ajoute 30 ml d'une solution d'acétate de magnésium 0,5 *M*. On ferme le tube et on centrifuge pendant 5 mn à 400 tr/s. Le surnageant est décanté dans une fiole jaugée de 100 ml. L'extraction est répétée encore deux fois et les extraits, versés dans la fiole jaugée. On ajuste au trait de jauge au moyen d'acétate de magnésium 0,5 *M*. Une prise d'essai convenable est atomisée dans la flamme d'un photomètre de flamme convenable, et l'intensité de l'émission est déterminée à 589 nm. La teneur est déterminée graphiquement, au moyen d'une courbe d'étalonnage.

11.6 Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)

Les teneurs élevées en chlorate de sodium en tant que sodium peuvent être décelées par un test de coloration de flamme. L'échantillon est prélevé et soumis à l'extraction, conformément aux instructions indiquées en 11.5.1. Un fil de platine propre est plongé dans l'échantillon, puis dans la partie la plus chaude de la flamme d'un brûleur Bunsen. Une flamme intense, jaune brillant, indique la présence de sodium (Welcher, 1955).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

(Reproduction intégrale de l'édition anglaise)

12.1 Références

AAR 1981: BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, Prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, VA (May, 1981).

ASS: Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario, not dated.

ASTM 1979: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31, Water, Philadelphia, PA, D1428A, D1192, D3370 (1979)

Beech 1983: Bioassay Results on Sodium Chlorate, as received from F. Beech, Environmental Protection Service, Vancouver, B.C. (1983).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, second edition, Butterworths, London, England (1979).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario (December, 1980).

CCP 1981: "Sodium Chlorate", Canadian Chemical Processing, Vol. 65, No. 7, p. 14 (30 October 1981).

CCP 1982: "Kuhlman Part of Chlorate Venture", Canadian Chemical Processing, Vol. 66, No. 1, p. 14 (19 February 1982).

CCPA 1983: Canadian Chemical Producers' Association, Ottawa, Ontario, private communication (1983).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, TX (1967).

CG-D-38-76: Bauer, W.H., D.N. Borton, et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute, for the U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-D-38-76 (August, 1975).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, DC (1978).

CLC 1974: Association of American Railroads, The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, Simmons-Boardman, Omaha, NB (1974).

Corpus 1984: Corpus Information Services Ltd., "Sodium Chlorate", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario (15 July 1984).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH (1980).

CRC 1983: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 63rd Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH (1983).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI (1978).

Doc. TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, fourth edition, Cincinnati, OH (1981).

Dow PPS 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, MI, Brochure 178-102-72 (1972).

DPLP 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Pipe and Fittings, Midland, MI (1972).

DPLV 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Valves, Midland, MI (1972).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario (1967).

EPA 600/2-80-076: Hatayama, H.K., J.J. Chen, E.R. deVera, R.D. Stephens, and D.L. Storm, A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH (April, 1980).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J., et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 670/2-75-042 (June, 1975).

Erco MDS: Erco Industries Ltd., Manufacturers Data Sheet, Islington, Ontario, not dated.

Erco PIM: Erco Industries Limited, Product Information Manual, Islington, Ontario, not dated.

Erco TERP 1979: Erco Industries Ltd., Transportation Emergency Response Procedures Relating to the Transportation of Sodium Chlorate via Highway and Rail, Islington, Ontario (November, 1979).

ERG 1980: U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC (1980).

FKC 1975: Lowenheim, F.A. and M.K. Moran, Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, NY (1975).

G & M 1982: PPG Industries, Business Section Globe & Mail, Toronto, Ontario (4 February 1982).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, CA, not dated.

GPP: Uniroyal Inc., Guide to Polymer Properties, Mishawaka, IN, not dated.

Hesse 1972: Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, NY, pp. 146-147 (1972).

HIS 1969: Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th edition, New York, NY. (1969).

Hooker PIM 1977: Hooker Chemical, Product Information Manual for Sodium Chlorate, Canadian Occidental Petroleum Ltd., Hooker Chemicals Division, North Vancouver, British Columbia (1977).

Hooker PIM: Hooker Chemicals and Plastics Corp., Product Information Manual, Niagara Falls, NY, not dated.

HSC 1977: Hooker Chemical and Plastics Corp., Hooker Sodium Chlorate, Niagara Falls, NY (1977).

ITII 1981: International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan (1981).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, NY (1979).

Kerr-McGee Bulletin: Kerr-McGee Chemical Corporation, Technical Information Bulletin, Oklahoma City, OK, not dated.

Kerr-McGee MSIS 1978: Kerr-McGee Chemical Corporation, Material Safety Information Sheet, Oklahoma City, OK (August, 1978).

Kirk-Othmer 1979: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 5, John Wiley & Sons, New York, NY (1979).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th edition, McGraw-Hill Book Company, New York, NY (1979).

* Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J. and E.O. Becker, First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, PA (1980).

Linke 1965: Linke, W.F., Solubilities of Inorganic and Metal-Organic Compounds, American Chemical Society, Washington, DC (1965).

Matida 1975: Matida, Y., et al., "Effects of Some Herbicides Applied in the Forest to Freshwater Fish and Other Aquatic Organisms - Part 2 - Effects of Sodium Chlorate and Ammonium Sulfamate to the Aquatic Organisms in an Artificial Stream", Bull. Freshwater Fish Res. Lab. (Japan), Vol. 25, No. 1 (1975).

MCA 1952: Manufacturing Chemists Association, Chemical Safety Data Sheet, Washington, DC (1952).

MWPP 1978: Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec (1978).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, MA (1978).

NIOSH 1979: National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 5, Cincinnati, OH, P&CAM 173 (August, 1979).

* Publié également en français.

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, DC (1981).

Olin MSDS 1980: Olin Corporation, Material Safety Data Sheet, "Sodium Chlorate Solution", Stanford, CT (1980).

Pimental 1971: Pimental, D., Ecological Effects of Pesticides on Non Target Species, Presidential Report, Office of Science and Technology (June, 1971).

* RTDCR 1974: Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J. and R.L. Tatken, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH (September, 1980).

RTECS 1980: Lewis, R.J. and R.L. Tatken, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1980, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH (September, 1981).

Scott 1979: Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario (1979).

Shifrer 1974: Shifrer, C.C., E.J. Middlebrooks, D.B. Porcella, and W.F. Sigler, Effects of Temperature on the Toxicity of Oil Refinery Waste, Sodium Chlorate, and Treated Sewage to Fathead Minnows, Utah Water Research Laboratory, for Office of Water Research and Technology, Washington, DC, PB 237 516 (1974).

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, fifth edition, McGraw-Hill Book Company, New York, NY (1971).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL (May, 1979).

TDB (on-line) 1981: Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line, available from National Library of Medicine, Washington, DC (1981).

* TDGC 1980: Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada (June, 1980).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, CA (1978).

TW 1983: "Sodium Chlorate Explosion Blows Holes in Safety Laws", Transportation Week (July-August, 1983).

Ullmann 1975: Ullmanns Encyklopaedie de technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim (1975).

Welcher 1955: Welcher, F.J. and R.B. Hahn, Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, NJ, p. 432 (1955).

* Publié également en français.

WQC 1963: McKee, J.E. and H.W. Wolf, Water Quality Criteria, second edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board (1963).

WQCDB 1971: Water Quality Criteria Data Book - Vol. 3 - The Effects of Chemicals on Aquatic Life, Battelle Columbus Laboratories, for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC (1971).

WQCDB-2 1971: Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, DC, Vol. 2 (1971).

12.2 Bibliographie

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, fourth edition, Cincinnati, OH (1981).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31, Water, Philadelphia, PA, D1428A, D1192, D3370 (1979)

Association of American Railroads, The Car and Locomotive Cyclopedia of American Practices, Simmons-Boardman, Omaha, NB (1974).

Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario, not dated.

Bauer, W.H., D.N. Borton, et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute, for the U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-D-38-76 (August, 1975).

BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, VA (May, 1981).

Bioassay Results on Sodium Chlorate, as received from F. Beach, Environmental Protection Service, Vancouver, B.C. (1983).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, second edition, Butterworths, London, England (1979).

Canadian Chemical Producers' Association, Ottawa, Ontario, private communication (1983).

Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario (1974).

Corpus Information Services Ltd., "Sodium Chlorate", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario (15 July 1984).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th edition, McGraw-Hill Book Company, New York, NY (1979).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario (1967).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI (1978).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, MI, Brochure 178-102-72 (1972).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Pipe and Fittings, Midland, MI (1972).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Valves, Midland, MI (1972).

Erco Industries Limited, Product Information Manual, Islington, Ontario, not dated.

Erco Industries Ltd., Manufacturers Data Sheet, Islington, Ontario, not dated.

Erco Industries Ltd., Transportation Emergency Response Procedures Relating to the Transportation of Sodium Chlorate via Highway and Rail, Islington, Ontario (November, 1979).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL (May, 1979).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, CA, not dated.

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, CA (1978).

Hatayama, H.K., J.J. Chen, E.R. deVera, R.D. Stephens, and D.L. Storm, A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH (April, 1980).

Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, NY, pp. 146-147 (1972).

Hooker Chemical and Plastics Corp., Hooker Sodium Chlorate, Niagara Falls, NY (1977).

Hooker Chemicals and Plastics Corp., Product Information Manual, Niagara Falls, NY, not dated.

Hooker Chemical, Product Information Manual for Sodium Chlorate, Canadian Occidental Petroleum Ltd., Hooker Chemicals Division, North Vancouver, British Columbia (1977).

Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th edition, New York, NY (1969).

International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan (1981).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, NY (1979).

Kerr-McGee Chemical Corporation, Technical Information Bulletin, Oklahoma City, OK, not dated.

Kerr-McGee Chemical Corporation, Material Safety Information Sheet, Oklahoma City, OK (August, 1978).

Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 5, John Wiley & Sons, New York, NY (1979).

"Kuhlman Part of Chlorate Venture", Canadian Chemical Processing, Vol. 66, No. 1, p. 14 (19 February 1982).

* Lefèvre, M.J. and E.O. Becker, First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, PA (1980).

Lewis, R.J. and R.L. Tatken, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH (September, 1980).

Lewis, R.J. and R.L. Tatken, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1980, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH (September, 1981).

Linke, W.F., Solubilities of Inorganic and Metal-Organic Compounds, American Chemical Society, Washington, DC (1965).

Lowenheim, F.A. and M.K. Moran, Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, NY (1975).

Manufacturing Chemists Association, Chemical Safety Data Sheet, Washington, DC (1952).

Matida, Y., et al., "Effects of Some Herbicides Applied in the Forest to Freshwater Fish and Other Aquatic Organisms - Part 2 - Effects of Sodium Chlorate and Ammonium Sulfamate to the Aquatic Organisms in an Artificial Stream", Bull. Freshwater Fish Res. Lab. (Japan), Vol. 25, No. 1 (1975).

McKee, J.E. and H.W. Wolf, Water Quality Criteria, second edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board (1963).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, TX (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, seventh edition, Boston, MA (1978).

National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, second edition, Vol. 5, Cincinnati, OH, P&CAM 173 (August, 1979).

Olin Corporation, Material Safety Data Sheet, "Sodium Chlorate Solution", Stanford, CT (1980).

Pilie, R.J., et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 670/2-75-042 (June, 1975).

Pimental, D., Ecological Effects of Pesticides on Non Target Species, Presidential Report, Office of Science and Technology (June, 1971).

PPG Industries, Business Section Globe & Mail, Toronto, Ontario (4 February 1982).

Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec (1978).

Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario (1979).

* Publié également en français.

Shifrer, C.C., E.J. Middlebrooks, D.B. Porcella, and W.F. Sigler, Effects of Temperature on the Toxicity of Oil Refinery Waste, Sodium Chlorate, and Treated Sewage to Fathead Minnows, Utah Water Research Laboratory, for Office of Water Research and Technology, Washington, DC, PB 237 516 (1974).

"Sodium Chlorate", Canadian Chemical Processing, Vol. 65, No. 7, p. 14 (30 October 1981).

"Sodium Chlorate Explosion Blows Holes in Safety Laws", Transportation Week (July-August, 1983).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario (December, 1980).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, fifth edition, McGraw-Hill Book Company, New York, NY (1971).

Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line, available from National Library of Medicine, Washington, DC (1981).

* Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada (June, 1980).

Ullman, Ullmanns Encyklopaedie de technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim (1975).

Uniroyal Inc., Guide to Polymer Properties, Mishawaka, IN, not dated.

U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC (1980).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, DC (1978).

U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, Office of Water Program Operations, Washington, DC (1981).

Water Quality Criteria Data Book - Vol. 3 - The Effects of Chemicals on Aquatic Life, Battelle Columbus Laboratories, for U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC (1971).

Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, DC, Vol. 2 (1971).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH (1980).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 63rd edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH (1983).

Welcher, F.J. and R.B. Hahn, Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, NJ, p. 432 (1955).

* Publié également en français.